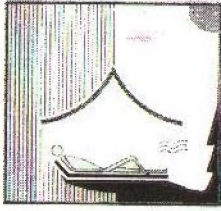


يوليو ١٩٩٨



دليل الطاقة والعمارة

إعداد نخبة من خبراء الطاقة والعمارة

١٩٩٨

المشاركون

أ.د/ عادل يس محرم	عميد معهد الدراسات والبحوث البيئية - جامعة عين شمس
أ.د/ جورج باسيلي	أستاذ طبيعة المنشآت بمركز بحوث الاسكان والبناء
أ.د/ مراد عبد القادر	أستاذ العمارة ووكيل كلية الهندسة - جامعة عين شمس
أ.د/ وجيه فوزى	أستاذ العمارة بكلية الهندسة بشبرا - جامعة الزقازيق (فرع بنها)
أ.د/ صلاح السيد	رئيس قسم العمارة - كلية الهندسة - جامعة المنصورة
أ.د/ شفق العوضى الوكيل	أستاذ التخطيط العمرانى بكلية الهندسة - جامعة عين شمس
د/ سوزيت ميشيل	أستاذ مساعد بمركز بحوث الإسكان والبناء
د/ ماجده اكرام عبيد	أستاذ مساعد بمعهد الدراسات والبحوث البيئية - جامعة عين شمس
د/ مجدى قرقر	أستاذ مساعد بكلية التخطيط العمرانى - جامعة القاهرة
م/ شريف الجوهرى	مهندس بهيئة الطاقة الذرية

الصياغة والمراجعة

أ.د/ جورج باسيلي حنا
أ.د/ مراد عبد القادر
أ.د/ وجيه فوزى يوسف
أ.د/ شفق العوضى الوكيل

المحرر: جهاز تخطيط الطاقة

محتويات الدليل

١- العمارة الخضراء والطاقة

٢- العوامل المناخية في مصر

٣- الإضاءة الطبيعية والإضاءة الصناعية في المباني

٤- التهوية الطبيعية وجودة الهواء

٥- العزل والسلوك الحراري للمنشآت

٦- التصميم الصوتي للمباني

٧- التخطيط العمراني والطاقة

مقدمة

تعتبر الطاقة في مصر من أهم القضايا التي يجب على متخذ القرار في العديد من المواقع أن يدرسها بعناية - ليس فقط لأهميتها كأحد المدخلات الهامة سواء في العملية الإنتاجية أو رفع مستوى الرفاهية- ولكن نظراً أيضاً للدور الحيوي الذي تلعبه في تحقيق التنمية المتواصلة من خلال علاقات التشابك التبادلية بين قطاع الطاقة وبقيّة قطاعات الاقتصاد القومي.

وقد بلغ إجمالي الاستهلاك القطاعي من المنتجات البترولية نحو ٢٠,٠٥٪ مليون طن بترول مكافئ عام ١٩٩٧/٩٦ منها نحو ٢٩,٣٪ لقطاع الصناعة ونحو ٣٦,٦٪ لقطاع النقل ونحو ١٥,١٪ للقطاع المنزلي والتجاري ونحو ١٨,٦٪ لقطاع الكهرباء والبتروول وأخيراً نحو ٠,٥٪ لقطاع الزراعة.

كما بلغ إجمالي الاستهلاك القطاعي من الطاقة الكهربائية نحو ٤٨,٩ مليار ك.و.س منها نحو ٤٢,٨٪ لقطاع الصناعة و٣٨,٦٪ للقطاع المنزلي والتجاري، ١٤,٤٪ لقطاع الحكومة والمرافق العامة وأخيراً ٤,١٪ لقطاع الزراعة.

مما سبق يتضح أن استهلاك الطاقة في القطاع المنزلي والتجاري (المباني) يبلغ حوالي ١٨٪ من إجمالي استهلاكات الطاقة.

ويعتبر قطاع المباني بأشكالها المختلفة ثالث القطاعات المستهلكة للطاقة الكلية وثاني القطاعات المستهلكة للكهرباء في مصر.

من هذا المنطلق وتحقيقاً لرسالة جهاز تخطيط الطاقة في مجال ترشيد الطاقة في القطاعات المختلفة بالدولة فقد تبني مشروع العمارة البيومناخية (أو العمارة الخضراء) والذي يهدف إلى دراسة كيفية تصميم مبنى معماري موفر للطاقة وبسلوك حراري يعمل

على الراحة الحرارية لساكنيه فى وسط الظروف المناخية للجمهورية وعلى مختلف فصول السنة.

وهذا المشروع هو نواه لخطة عمل فى هذا المجال قد تستمر لعدة أعوام قادمة حيث بدأ العمل بدعوة نخبة من أساتذة الجامعات المصرية ومراكز البحوث حول لقاء تناول موضوع الطاقة والعمارة فى مصر انبثق عنه ضرورة إقامة ندوة عامة موسعة دعى لها كل من يهتم الأمر وله خبرة فى هذا المجال وكان هذا فى أبريل ١٩٩٦ وقد تم تشكيل مجموعة العمل التى ضمت نخبة من أساتذة وخبراء العمارة والطاقة فى مصر وقد تبلور الفكر إلى ضرورة إصدار "دليل العمارة والطاقة" يتناول كل متطلبات العمارة الخضراء التى يحتاجها المهندس المعماري فى تصميمات المباني فى المناطق المختلفة بأشحاء الجمهورية طبقاً لطبيعة ومناخ كل منطقة. ٢٠٠٢ تم نشره ٢٢١٧٦٢٢ وله إهداءات وكان هذا الدليل ثمرة من ثمار نشاط مجموعة العمل.

المحرر: جهاز تخطيط الطاقة

١ العمارة الخضراء والطاقة

١

العمارة الخضراء والطاقة

١-١ الدعوة إلى العمارة الخضراء

٢-١ العمارة والطاقة

٣-١ ترشيد الطاقة في العمارة

١- العمارة الخضراء والطاقة

١-١ الدعوة إلى العمارة الخضراء

تمتعت الحضارة منذ نشأتها على الكرة الأرضية - منذ حوالي ٥, ٤ مليون سنة - بصفات إنسانية، توافقت فيها مكونات البيئة ومصادرها الغنية من طاقة وماء وغذاء. بعدها شهدت الأرض ترحال الإنسان منذ ٤, ١ مليون سنة من أفريقيا ومن خلال أرض سيناء صعد منها فريق إلى الشمال والشمال الغربي، ونزح الفريق الآخر إلى الشرق والجنوب الشرقي وانتشر على الكرة الأرضية.

ومنذ ذلك الحين، قدمت بحور المعرفة موجات ساعدت على التقدم الإنساني، وارتفع مستويات حضارته، واندفعت سفن الاستكشافات العلمية تعلو فوق الموجات، تستخدم قوى الطبيعة لصالحها. واعتقد الإنسان لفترات أن عطاء الطبيعة له هو عبودية منها، عليها أن تطيع أوامره وبلا حدود، فاختراع الكثير والكثير جعله يبالغ في تقدير قدراته في تسخير البيئة المحيطة. وبدأت الزراعة، وكان المد الأول هو الحضارة الزراعية.

هنا تعامل الإنسان مع الأرض لكي يعمر ويستمر في التعمير له ولأولاده. استتبع ذلك تكوين معين للأسرة والمجتمع، ونسق معين للقيم ينظم حياته الاجتماعية والاقتصادية والثقافية. في تلك الفترة ظهرت العمارة المناسبة التي لازال موجود منها الموروث والمأخوذ منها الدروس.

ثم جاءت الحضارة الصناعية - المد الثاني من موجات بحور العلم العاتية، اكتشف فيها الإنسان وفرة الإنتاج في مجال النسيج والحديد، وشق الطرق والقنوات، وبنى السكك الحديدية. وبدأت آليات جديدة في سوق الإنتاج وفترتها نظم الرأسمالية والبرجوازية، فظهر الإنتاج النمطي السريع والوفير وبالتالي استحدثت المصانع، والمدن الصناعية، وبزغت الطبقة العمالية التي تركت الريف، ثم ظهر أثر ذلك في التجارة الخارجية وأسواق عبر البحار.

واستمر الانهيار بالصناعة لفترة طويلة حتى سمعنا عبارة أن البيت "آله للحياة فيها" وأظهرت مصادرها البيئية المتنوعة، إلى أن جاءت صحوة "الربيع الصامت" فى الستينات وفى السبعينات ظهر كتاب "الصدمة الثقافية" وفيه يقول ألفين توفلر على لسان العالم الهندى د. هومى بهابها:

"To illustrate, he said, let us use the letter Q to stand for the energy derived from burning some 33,000 million tons of coal. In the eighteen and one half centuries after Christ, the total energy consumed averaged less than one half Q per century. But by 1850, the rate has risen to one Q per century. Today, the rate is about ten Qs per century. This means, roughly speaking, that half of all the energy consumed by man in the last 2000 years has been consumed in the last one hundred".

ثم جاء الاهتمام السياسى بالبيئة واقتربنا سوياً تحت عنوان "الأرض فى الميزان". إن احتياجات الطاقة فى المناطق الحضرية تفرض عبئاً ضخماً على الاقتصاد والبيئة. فالمباني فى البلاد الصناعية تستهلك من ٣٥ - ٥٠٪ من ميزانيات الطاقة القومية، معظمها لتدفئة وتبريد الأماكن وتسخين المياه والتبريد، والإضاءة والطهى. وفى معظم العالم النامى غالباً ما يكون نصيب المباني من إجمالى الطاقة أعلى بكثير.

إننا فى حاجة ماسة إلى اقتصاديات وصناعة "الطاقة المتواصلة"، التى يمكن أن نطلق عليها "الطاقة الخضراء" فالطاقة الخضراء هى طاقة ليست حارقة بقدر ما هى طاقة رعوفة، تساعد على استمرار الحياة لزماننا والزمان القادم. والطاقة الخضراء هى الطاقة التقليدية، وغير التقليدية، فهى المتوافقة مع البيئة بكل أركانها. فالطبيعة غنية بالصور المتعددة لها، والقوى الطبيعية الموفرة لها. فالهواء وحرارة باطن الأرض والأمواج والأشعة الشمسية وغيرها الكثير، تبعث لنا ما نريده.

إن الدعوة إلى "العمارة الخضراء" هى دعوة إلى التعامل مع البيئة بصورة أفضل، نستطيع فى أحد أطرافها تقليل الطاقة المستخدمة عن طريق تصميم أفضل لمدننا، وشوارعنا ومبانينا السكنية أولاً ثم الصناعية والتجارية وغيرها ثانياً. علينا سبر غور التقنيات المناسبة لتقليل الحمل الحرارى فى الشوارع، فإن خلط الأسفلت بالرمل فاتح اللون يعكس الحرارة بدلاً من الاحتفاظ بها، وبالتالي ينتج عنه تقليل تأثير "الجزيرة الدافئة" فوق المدن الصحراوية مثل القاهرة. ومعظم المدن الموجودة فى نطاق الدول العربية.

وفى مجال التفاصيل المعمارية مثل الحوائط والأسقف قدرت أكاديمية العلوم القومية بالولايات المتحدة الأمريكية أن الاستخدام الاستراتيجى للأسطح البيضاء والتشجير والنباتات يمكن أن يساعد فى توفير ٢.٦ مليون دولار سنوياً من تكاليف الطاقة. من هنا تظهر أهمية الدعوة إلى الزيادة فى التشجير ومن مسطحات الظل فى المدن، والدعوة إلى أن نتعامل مع الأماكن المفتوحة من شوارع وميادين تعاملنا مع قاعات الاجتماعات والاحتفالات. نريد الإبداع، ونفكر كثيراً فى نوعية إنتاج المباني ونوعية عمارة أكثر توافقاً مع إنسانيتنا وبيئتنا.

بهذا نستطيع أن نقلل استخدامات الطاقة فى الإنارة والتكييف والتهوية والتسخين.. ونستفيد من تقليل الارتفاعات غير الإنسانية فى أدوار المباني السكنية.

العمارة الخضراء فكرة صورها متعددة، مثلها مثل شجرة، أشكالها كثيرة، ومتنوعة، فمنها الجميزة، والتوتة، والنخلة... الخ. تتعايش وتنمو وتعطى مع من ومع ما حولها. قل هى كائن حى، يتأثر بالبيئة حوله، وله عمر ذو بداية ونهاية، ولكن جيناته وصفاته موجودة عبر الأجيال ويتطور فيها حسب المؤثرات.

ويمكن مجازاً أن نشبه تلك الفكرة بفكرة العمارة الإسلامية حيث تعكس الأخيرة حياة وفكر المجتمع الإسلامى، أو العمارة الكلاسيكية حيث تعكس هى الأخرى كلاسيكية

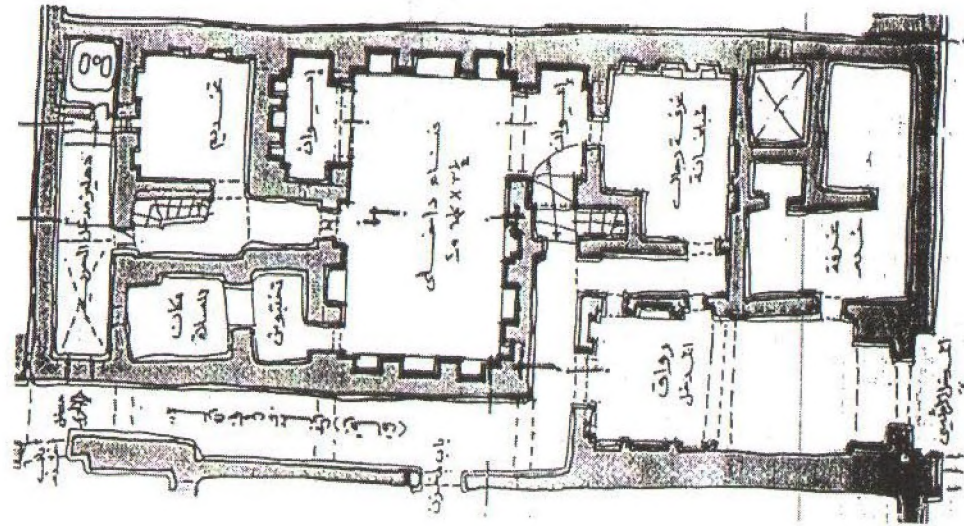
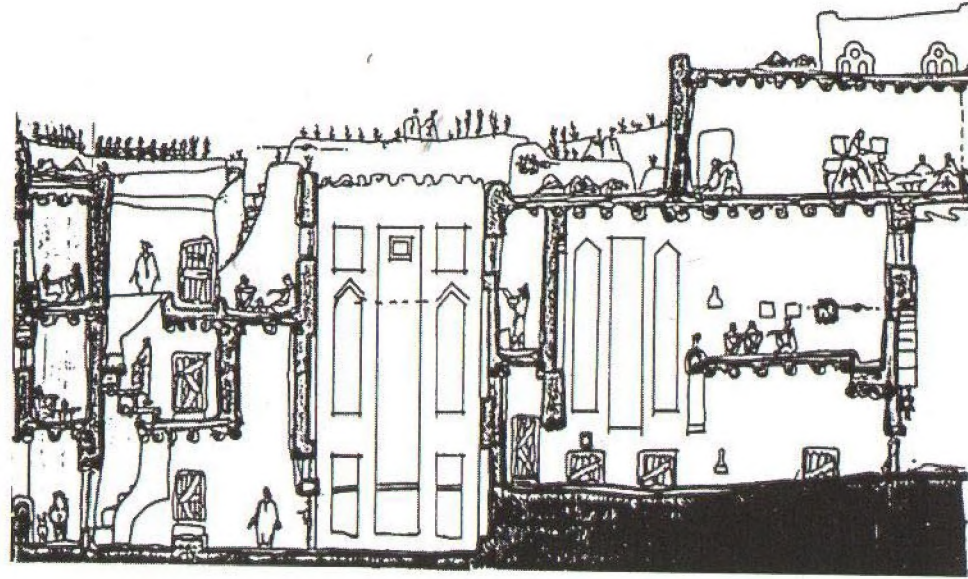
الحضارة، مع فارق أننا نحن أطلقنا تلك الأسماء بعدما تركنا زمانها، ولكن العمارة الخضراء هي دعوة للزمن الحالى والمستقبلى.

ومنذ الدعوة إلى بيئة أفضل، اتجهت الفلسفات والعلوم والأفكار نحو التفاعل مع البيئة بصورة تكاملية تحمل مفهوم التعامل مع عناصر البيئة الحيوية والاجتماعية والمصنوعة، فى الأزمان الثلاثة - الماضى والحاضر والمستقبل. تقاربت فكرة الحضارة والاستمرارية والتوازن من أسس الحياة، وصارت ملتصقة بقيمتها الاجتماعية والاقتصادية والثقافية، الفكرية والإجرائية. وهنا نبتت مبادئ "التنمية المتواصلة" التى تدعو إلى التعامل مع الموارد الطبيعية فى صورة أفضل للأنية والمستقبلية، مع الأخذ فى الاعتبار للموروثات المادية والمعنوية والرمزية.

فوق هذا النسيج الفكرى استحدثت أنماط/ أنساق إجرائية فى بعض مناحى الحياة الإنسانية المتعددة، تعكس نماذج لمنظومات متناثرة فوق النسيج، منها العمارة العضوية ثم جاءت العمارة المستدامة، والآن "العمارة الخضراء".

والعمارة منشأة، تغلف نشاط مجموعة من الناس، توفر بيئة داخلية، نفسية اجتماعية فيزيقية، وهنا تحضرنا كلمة حسن فتحى "إننا نبني للإنسان السيكيوبيوفسيولوجى" عمارة تسمح لهم بممارسة الحياة لوظيفة ما، أو لمجموعة من الوظائف. والصورة المثلى للعمارة / المنشأة أن تتبادل التفاعل مع الشاغل لها طيلة حياته، ومن بعده فيها، بصورة طبيعية، أو الجانب الطيب منها والرحيم. بحيث ينتج فى النهاية مكون له من صفات الرحم للطفل، التكوين والبناء.

والأيادى الطيبة التى تمس هذا المكون متعددة. فالراحة الحرارية يد، الإضاءة المناسبة يد، والمجال البصرى يد، وهكذا أياد الرائحة، والسمع. وعموما هى الحواس البشرية المستخدمة فى التفاعل مع العالم المحيط. هذا علاوة على المعانى والرموز، والبيئة النفسية، لنا ولأولادنا.



شكل (١-١) بيت من قرية القصر - الواحات الداخلة - مصر

فالعمارة الخضراء هي منشأة نصممها موفرة لنا العناصر المناخية الرعوفة والحنونة، والطبيعية بكل ما فيها من إيجابيات، خالية إلى أبعد حد من التلوث بجميع صورته، موفرة لنا التواصل الاجتماعى فيما بين الأسرة وبينها وبين المجتمع، والتواصل الذاتى وحسب ما كان دائما يقول حسن فتحي عن سانت اكسوبرى "بيت أبى الذى فيه كل خطوة لها معنى"، والتواصل الحضارى حيث يلتقى أفراد المجتمع غنيه وفقيره، مثقفه مع من لايعلم، كبيره وصغيره، فالمجتمع الفتوى لا يخدم الفكرة. والعمارة الخضراء مثلها مثل أرض المحصولين أو الثلاث، وليس أرض المحصول الواحد.

الخضار هو تلك العصارة الحية التى شاركت فى إنتاجها عناصر النبات الجذرية والورقية مجتمعة، لكى تعطى النبات صورته الحية. ومظهر الحياة هو مخبرها الدال على مجموعة من التعاملات الحيوية والعلاقات والاتصالات بين أجزاء النبات الأخضر. تفاعلات ايجابية قائمة على شبكة اتصالات سليمة مكونة من قنوات متعددة وخالية من الرواسب أو الفضلات أو المعوقات، ضامنة حركة ودودة دعوية بناءة.

واذا كان الهدف من العمارة هو الحصول على صفات النبات الأخضر من الحياة، فإن العمارة الخضراء هي الهادفة إلى التعامل مع الطبيعة بصورة أفضل. فالعمارة الخضراء هي التى توفر آلية التخاطب الحيوى فيما بين الإنسان ومجتمعه والطبيعة.

جنور العمارة الخضراء فى تراثنا كثيرة، وصلت فى أعماقها إلى العمارة المصرية القديمة، والمتواصلة حتى بداية العصر الحديث الذى يمكن أن نطلقه على وقت إسماعيل باشا فى حوالى ١٨٦٠ حينما بدأت عمليات نقل التكنولوجيا فى قوالب فكرية ومادية إلى صنوف الحياة/العمارة المصرية. كما أن جنورها العلمية أيضا كثيرة، وضاربة فى الأعماق الغنية بالأفكار، ولكن عصارتها المغذية لاتصل- أحيانا- إلى سيقان وفروع العمارة المعاصرة فى مصر.

دعونا نبحث فى كل اتجاه عن جذور العمارة الخضراء، لكى ننقى قنواتها ونعالج ما



شكل (٢-١) شارع من الواحات الدخلة للعمارة العامية الصحراوية

يجب علاجه، ونقوى ما يجب تقويته لكى نسهل ونساعد فى توصيل العصارة الطيبة المغذية إلى أنواع العمارة المصرية الطيبة الصاعدة والمنتشرة فى سماء مصر. فى مجال التعليم المعمارى بكليات الهندسة، فى مجال الممارسة المعمارية بسوق البناء المصرى، فى مجال النقد المعمارى (وهو خال فى الساحة المعمارية المصرية، مثله مثل مجال الأدب العلمى فى ساحة الأدب المصرى)، وأخيراً مجال الإبداع الفكرى فى كل دنيا التصميم والمشاركة البناءة بين أعضاء المجتمع المصرى.

٢-١ العمارة والطاقة

١-٢-١ المشكلة

ترجع جذور المشكلة إلى وقت الثورة الصناعية، حيث بدأت التقنيات الحديثة المعاصرة فى التعامل مع وسائل الإنتاج والميكنة المتاحة من خلال مفاهيم الإنتاج بالجملة واعتماداً على النمطية. ومن خلال هذا تحدد نظام ضخ شامل فى البناء للتحكم فى المناخ الداخلى للمباني لتعويض النقص فى البصيرة وتقييم العواقب. وما نستطيع قوله فى هذا الصدد أن هذا الإنتاج الضخم استتبعه انبعاثات ضخمة من ثانى أكسيد الكربون لاحتراق الوقود الحفرى والذى يقدر فيه انتاجه فى المائة سنة الأخيرة فيما بين ٢٥ و ٢٧٪ زيادة عما كان موجوداً فى الهواء قبلاً.

٢-٢-١ التغيرات المناخية

تتجه للأحداث على سطح الكرة الأرضية نحو تأكيد ظاهرة الاحتباس الحرارى فيها، والمنحصرة بين السطح وبين طبقات الجو العليا، بفعل الغازات المنبعثة من الأرض. وهذا ما يطلق عليه أيضاً ظاهرة "الصوبة" ولاشك أن فعل الصوبة موجود منذ الأزل على الأرض فالغازات المنبعثة والمسئولة عن نشأة الحياة على الأرض وعن استمرارها، هى أساساً بخار الماء وثانى أكسيد الكربون ودورتيهما، دورة الماء ودورة الكربون. وما زاد عن ذلك فى العصر الحديث وهو لاشك ناتج عن النشاط الصناعى المتزايد، وبالأذات منذ

انطلاق الثورة الصناعية من حوالى ثلاثمائة سنة مضت، حيث تم استحداث القطارات التى بدأت العمل بالبخار والآلات والسيارات والصناعات النمطية ذات الأعداد الضخمة، وغير ذلك الكثير.

نتج عن الصناعات الكثيرة والمتعددة منذ ذلك الوقت، التى تستهلك الموارد الطبيعية، اختلال فى ميزان البيئة، متمثلاً فى غازات لم تكن بكميات لاتستطيع استيعابها، وغازات أخرى لم تتعامل معها. فثانى أكسيد الكربون ازداد نتيجة لحرق الفحم، وهو ما لم يوجد قبلاً، وغاز الميثان وأكاسيد النيتروجين، التى نتجت بكميات متزايدة، عن الآلات والسيارات ومحطات القوى والأعمال المنزلية فى المدن المستحدثة بجوار المصانع والمراكز الصناعية.

ونتيجة للأنشطة الصناعية المتزايدة، تغيرت كيمياء الهواء بدرجات كبيرة، ولازالت تتغير تحت ضغط التنمية غير المستدامة، والتى نظرت فقط إلى الاقتصاديات الصناعية والتجارية دون النظر إلى ما يطلق عليه الآن "التكلفة والمنفعة" من وجهة النظر المجتمعية، محلياً وإقليمياً وعالمياً. إزدادت نسبة تواجد ثانى أكسيد الكربون بمقدار ٢٥٪، وأكسيد النيتروز بمقدار ١٩٪، والميثان بمقدار ١٠٠٪. ويصل ما ينطلق من غاز ثانى أكسيد الكربون فى طبقة الهواء "الحيوية"، والمقدر سمكها بحوالى ١٩ كم فوق سطح الأرض، ستة ملايين طن كل عام. ولاشك أن هذا الواقع يدفع الاتزان البيئى على وجه الأرض بعيداً عما يضمن استمرار الحياة الإنسانية بصورة صحية.

تحكى الحضارة الإنسانية عن الشك الذى يثار حول أى مسألة علمية مستجدة، إلى أن يثبت بالدليل القاطع وبلا جدال جديتها وفاعليتها، وإلى وقت قريب مضى كان الشك يشوب موضوع "الاحتباس الحرارى" أو "الصوبة" كما كانت التوقعات غير المؤكدة فى ذلك الصدد فى الماضى القريب هى الدافع إلى عدم توصل العلماء إلى قرارات ونتائج محددة. ثم حدث التغيير بعد اجتماعين للجان الحكومات فى العالم للنظر فى التغيرات المناخية، وهى لجان مكونة من ٢٥٠٠ عالم مناخ ممثلين لحكوماتهم. ففى تقريرهم عام

١٩٩٦ أصدروا - ولأول مرة - أن الدفء الكونى كان حقيقة علمية، كما أقرّوا بأن النشاط الإنسانى كان هو المتسبب. ولقد حذروا من أن معدل التدفئة المتوقع للقرن القادم قد يكون "أعلى مما لوحظ فى العشرة الآلاف سنة الماضية". وعلى هذا أوضحت كثير من الدراسات أن الزيادة فى درجة الحرارة تراوحت بين ٠.٣ و ٠.٦ درجة مئوية (سلسيوس) فى فترة السنة الأخيرة، وبالتالي وبناء على ذلك ترتفع فعلا مناسيب سطح البحار بمعدل ٦ سنتيمترات كل ٥٠ سنة. كما أوضحت أنه قد تم رصد "أدفاً عشر سنوات فى التاريخ منذ ١٩٨٠، وأن سنة ١٩٩٥ كانت "الأدفاً" والنتيجة أن "الاحتباس الحرارى" قد حدث فعلاً.

وقد تصل درجة الحرارة على نهاية المائة سنة القادمة إلى ثلاث درجات ونصف زيادة عما هى عليه الآن، بناء على ما أصدرته مجموعة العلماء، وهذا قد لا يبدو كثيراً، فإن درجات الحرارة عموماً تتذبذب فى مجال حوالى عشرين درجة ما بين الليل والنهار فى صيف منطقتنا، ونستطيع أن نتحملة ولا بد أن نقرر أن أقصى ما وصل إليه المناخ فى العصور الجليدية، منذ ١٥٠٠٠ سنة مضت كانت فيه حرارة سطح الكرة الأرضية أقل بثلاث أو خمس درجات مما هى عليه الآن، وأن الثلوج كانت تغطى مساحات كبيرة من نصف الكرة الشمالى، وأن مستوى سطح المحيطات كان أقل بحوالى ثلاثين متراً، وأن البحر الأبيض المتوسط كان يصل فى حدوده الجنوبية إلى أسبوط - قبل أن يشق النيل مجراه الحالى - وأن الدليل على تغلغل البحر فى هذا النطاق نجده فى الأصداف الموجودة فى طبقات الحجر الأيوسينى فى منطقة الأهرام ومنطقة المقطم - وهو ما يطلق عليه القروش - قبل أن تتحرك رأسياً إلى موضعها الحالى. لو عرفنا هذا لاستطعنا أن نقدر ما قد يصل إليه التغير الجغرافى فى منطقتنا وما قد يستتبعه من تغيرات وظيفية وسكانية ومكانية، وبالأشمل بيئية.

سيظهر التأثير فى كل مكان، وأكبر تأثير سيكون فى ارتفاع سطح البحر نتيجة ذوبان الجليد. وهذا يرصد الآن. وقدرت مجموعة العلماء بأن الارتفاع قد يصل إلى متر

واحد زيادة مع نهاية القرن القادم. تتأثر بهذا كل المناطق الساحلية ذات المستوى القريب من سطح البحر ويستتبعه تأثيرات تنموية فى كل الميادين مما يستوجب علينا تدراكه من الآن. وسيؤثر ذلك قطعاً فى اتجاهات وتوزيعات التيارات البحرية على سطح الأرض. وبالتالي ما قد يصل من دفء إلى مناطق يمكن أن تصل إليها برودة، أو العكس. كما أن المحاصيل الناتجة فى أرض ما قد لا يمكن إنتاجها إلا فى مناطق أخرى بناء على الحرارة ونسبة الرطوبة وغيرها من العناصر الجوية المعرضة لها. ثم لاشك أن مصادر المياه هى مجال الصراع القادم فى مناطق شتى من العالم وتلخيصاً، قد يتسبب الدفء العالمى فى تغيرات فى الأنساق المناخية من عواصف وجفاف وفيضانات غير متوقعة. وهو ما سيؤدى إلى اختفاء أعشاش الطيور والحيوانات والحشرات من مواطنهم، وقد تظهر عشائر أخرى منها تتواءم مع الأحداث المستجدة. وهنا لا يجب أن ننسى ظاهرة اختفاء الديناصورات منذ خمسة وستين مليون سنة.

ما نحتاجه الآن هم تقييمنا لعالية المشكلة، والعمل شرقاً وغرباً، وشمالاً وجنوباً فى محاولات لحلها. كما أنه علينا محاولة الاتجاه إلى مصادر جديدة للطاقة غير التى قادتنا نحو ما نحن فيه الآن. فالشمس والهواء والمنحدرات المائية والأمواج البحرية والمد والجزر وحرارة باطن الأرض وغيرها من إمكانيات لم تسبر أغوارها بعد رغم ما فيها من محاولات علمية وتطبيقات حتى الآن. علينا ترشيد الطاقة التقليدية الحالية بكل الإمكانيات والأفكار الجديدة، فالإنارة والتسخين والتبريد والمواصلات والنقل من أهم عناصر استهلاك الطاقة. وأقرب الأفكار فى هذا هو التحول من استخدام السيارات الفردية إلى النقل الجماعى وخصوصاً فى المدن الصحراوية والمتضخمة مثل القاهرة. فكلما ازدادت المواد العالقة المثارة فى الهواء المحلى، زاد على أثرها الاحتباس الحرارى، وزادت تأثيرات تكوين الجزيرة الدافئة فوق المدينة. كما أن الاتجاه لتحقيق العمارة الخضراء فى مدننا وقرانا سيوفر ما قد يمكن تقديره بحوالى ٢٠٪ من الطاقة القومية فى مصر.

٣-١ ترشيد الطاقة في العمارة

تنقسم عملية التشييد إلى ثلاث مراحل؛ المرحلة الأولى هي عملية البدء في التشييد، وهي تحتوي على إنفاق يفوق عملية التشييد نفسها، فقد زادت استخدامات الطاقة بين عامي ١٩٧١، ١٩٩٢ في المباني على المستوى العالمي ٢٪ في المتوسط، وفي عام ١٩٩٢ كان نصيب المباني من إجمالي استخدام الطاقة يعادل ٣٤٪. وفي المرحلة الثانية تستهلك الطاقة من خلال انتاج مواد الانشاء الخام من المناجم وإلى المسابك ثم إلى مواقع التشييد، كما يستهلك نقل المواد إلى مواقع البناء طاقة إضافية. وعموماً فإن المباني تستخدم ما لا يقل عن ٤٠٪ من الطاقة العالمية. ولذلك فهي تعد المسؤولة عن انبعاث ثلث كمية ثاني أكسيد الكربون الناتج عن احتراق الوقود الحفري، كما أنها أيضاً مسؤولة عن الكثير من الآثار الجانبية لاستخدام الطاقة مثل تسرب زيت البترول، وتوليد نفايات، وإقامة السدود على الأنهار، وتسرب المواد السامة من مناجم الفحم، وانبعاث الزئبق من عملية احتراق الفحم. وفي المرحلة الثالثة، تخلق العديد من المباني الحديثة بيئات داخلية خطيرة مثل ما يطلق عليه "متلازمة البناء المريض" وهي تحدث في ٣٠٪ من الأبنية الجديدة على المستوى العالمي، فإن استخدام أجهزة التهوية للمحافظة على نظافة الهواء كثيراً ما يؤدي إلى إيواء وانتشار الفطريات.

وتحبس المباني محكمة الإغلاق المركبات العضوية المتطايرة والتي يمكن أن تتسرب من خلال السجاجيد والأثاث والدهانات، وتتراكم هذه المواد بتركيزات تزيد إلى أكثر من مائة مرة عند وجودها خارج هذه المباني. وقد يؤدي التعرض طويل المدى لبعض المركبات العضوية المتطايرة إلى زيادة احتمالات التعرض لمرض السرطان أو الخلل في الجهاز المناعي. وقد تصل التكاليف الطبية والإنتاجية للعامل نتيجة اعتلال الهواء داخل المبنى إلى عشرات البلايين من الدولارات كل عام. وبالإضافة إلى ذلك فإن بعض الباحثين يعتقدون أن دورة الهواء المحكومة قد تسهل انتشار الأمراض التي تنتقل عن طريق الهواء مثل البرد العادي والأنفلونزا. وإذا ثبت صحة هذه الفرضية فسوف يرتفع

التأثير الاقتصادي لهذه الأبنية المريضة، وقد يصل إلى مئات البلايين من الدولارات سنوياً.

وطالما أن المباني تستخدم أثناء تشييدها ثلث طاقة العالم، وتبلغ تكلفتها حوالي ٤٠٠ بليون دولار سنوياً، فإن تخفيض هذا الاستخدام إلى النصف أو أكثر عن طريق التصميمات المناسبة للمناخ قد يقلل من نسبة التلوث الناتج عن استخدام الطاقة في العالم إلى السدس، بجانب توفير ما يقرب من ٢٠٠ بليون دولار سنوياً.

والجدول التالي يبين حجم الاستثمار في المجتمعات الجديدة بمصر حتى ٣١-٣-١٩٩٣.

١-٢-١ ترشيد الطاقة في المباني

إن قطاع الإنشاءات يستهلك حوالى ١٥٪ من إجمالي الطاقة في معظم البلاد النامية، ومن الملاحظ العلاقة الهامة بين إنتاج الطاقة والبيئة والتي أصبح الاهتمام بها يمثل مطلباً عالمياً.

ويلاحظ أن إنتاج مواد البناء يسبب تلوثاً بالبيئة المحيطة ويمكن توضيح صورته كالتالى :

أ- على المستوى المحلى (فى حدود ١ كم) :

يظهر هذا التلوث نتيجة للغازات المتصاعدة من عمليات احتراق الوقود وهو يؤثر على صحة العاملين وكذلك على الأشخاص المقيمين فى هذا النطاق.

ب- على المستوى الإقليمى (فى حدود ١٠٠ كم) :

يظهر هذا التلوث فى الجو وخاصة من المصانع الكبيرة ومن الأمثلة الواضحة لذلك منطقة حلوان ويلاحظ أن التلوث الناتج من هذه المصانع يؤثر على البيئة المحيطة (إنسان - حيوان - نبات).

ج- على المستوى الدولى (أكثر من ١٠٠ كم) :

يلاحظ أن بعض الملوثات الناتجة من إنتاج مواد البناء يمكن أن يكون لها تأثير على المستوى العالمى فعلى سبيل المثال نجد أن ثانى أكسيد الكبريت الناتج من احتراق الفحم يمكن أن ينتج أمطاراً حمضية تتسبب فى تلويث الأنهار ومصادر المياه وكذلك تدمير الغابات.

مما سبق يتضح مدى أهمية ترشيد الطاقة فى قطاع المباني لتقليل التلوث الناتج عن إنتاج مواد البناء وكذلك للحفاظ على البيئة المحلية والدولية.

مدن المجموعة الأولى : ١٠ رمضان - مايو - السادات - برج العرب - أكتوبر - الصالحية - دمياط الجديدة		
للكهرباء	٢٥٩,٣٧٥,٠٠٠	جنيه
للإسكان	١,١٤٧,٤٥٦,٠٠٠	جنيه
من إجمالى	٣,٢٠٤,٣٤٧,٠٠٠	جنيه
مدن المجموعة الثانية : مبارك - النوبارية - العبور - بدر - بنى سويف الجديدة - المنيا الجديدة - أسيوط الجديدة		
للكهرباء	٤٨,٩٣٤,٠٠٠	جنيه
للإسكان	٢٥٧,٦٧٧,٠٠٠	جنيه
من إجمالى	٧٩١,٩٧٠,٠٠٠	جنيه
مدن المجموعة الثالثة : القطامي - الشروق - الشيخ زايد - التجمع الأول - التجمع الخامس		
للكهرباء	٣١٦,٦٩٣,٠٠٠	جنيه
للإسكان	١,٥٧٩,٤٥٢,٠٠٠	جنيه
من إجمالى	٤,٣٣١,٨٦٧,٠٠٠	جنيه
وعلى ذلك يكون إجمالى الاستثمار فى الكهرباء هو ٦٢٥,٠٠٠,٢٠٠,٠٠٠ جنيه وفى الإسكان هو ٢,٩٨٥,٥٨٥,٠٠٠,٠٠٠ جنيه من الإجمالى العام وهو ٨,٣٢٨,١٨٤,٠٠٠,٠٠٠ جنيه ويفرض تخفيض ٢٠٪ من الميزانية العامة ، يكون قدره حوالى ١٢٥,٠٠٠,٠٤٠,٠٠٠ جنيه		

جدول (١-١) حجم الاستثمار فى المجتمعات الجديدة بمصر

١- المدخل إلى كفاءة استهلاك الطاقة في المباني :

إن المبنى هي أحد أهم احتياجات الإنسان في العصر الحديث ونجد أن المباني توفر المأوى لملايين البشر، وينظر إلى الاستراتيجية الاقتصادية للدولة نلاحظ أن هناك زيادة مطردة في قطاع الإنشاءات وبالتالي زيادة في استهلاك الطاقة.

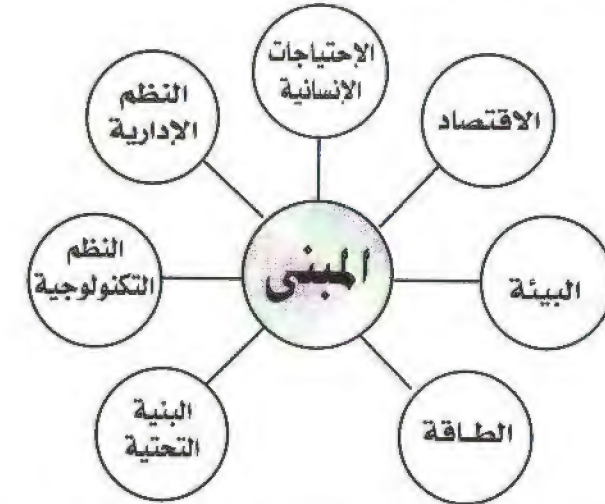
لذا فإن هناك ضرورة لأخذ خطوات جدية لدراسة كيفية استهلاك الطاقة في المباني ومدى كفاءتها ونجد أن المدخل إلى كفاءة استهلاك الطاقة في المباني يمكن أن يتم في اتجاهين:

(أ) اتجاه التصميم واختيار انسب المواد والتكنولوجيا المتلائمة.

(ب) اتجاه كفاءة استخدام الطاقة لتوفير الراحة للإنسان.

٢- العوامل المؤثرة على اختيار طرق ترشيد الطاقة في المباني :

يلاحظ أنه توجد عوامل كثيرة تؤثر على اختيار أنسب الحلول لترشيد الطاقة في المباني، ويجب دراسة هذه العوامل بعناية تامة.



شكل (٣-١) العوامل المؤثرة على اختيار طرق ترشيد الطاقة في المباني

٢- تقييم المباني من ناحية الطاقة :

إن فكرة تقييم المباني من ناحية الطاقة تعتمد على أنه عند تصميم المباني يجب الأخذ في الاعتبار التكلفة الكلية للمبنى شاملة جميع مراحل من إنشاء وتشغيل إلى إصلاح في حالة الإزالة أو الترميم.

ويمكن تلخيص ذلك كالتالي :

١- حساب التكلفة الكلية لعملية الإنشاء.

٢- حساب تكلفة التشغيل والصيانة.

٣- حساب تكلفة الإصلاح أو الترميم.

لذا فإن تقييم المشروعات يجب أن يأخذ في الاعتبار استهلاك الطاقة حيث إنها تدخل في جميع المراحل التي تم ذكرها ويمكن أن تؤثر تأثيراً كبيراً على العامل الاقتصادي الذي يعتبر أحد أهم العوامل عند تقييم المشروعات.

٤- استخدام الطاقة المتجددة :

يوجد كثير من الاحتمالات لاستخدام الطاقة المتجددة لتوفير احتياجات المباني من الطاقة، لذا فإنه يجب النظر بعناية إلى هذه الطاقات ودراسة كيفية الاستفادة منها لترشيد الطاقة في المباني وكذلك لتقليل استخدام الطاقات التقليدية (بترو - فحم - كهرباء...)

في الفترة الأخيرة، حدثت تطورات كبيرة في مجال تطوير أنظمة الطاقات المتجددة وكذلك اقتصادياتها ونجد أن بلاداً كثيرة قد قطعت شوطاً كبيراً في هذا المجال. وعلى مستوى مصر نجد أن تطوراً كبيراً قد حدث في مجال تصنيع بعض أنظمة الطاقات المتجددة ومنها على سبيل المثال :

- السخانات الشمسية.

- أنظمة تحلية المياه بالطاقة الشمسية.

- استخدام الخلايا الشمسية في الإضاءة (خاصة بالإعلانات).

- أنظمة الرياح لتوليد الكهرباء.

ويلاحظ أنه مع زيادة المعرفة العلمية لعلوم المناخ وكذلك طبيعة المواد وخواصها أصبح من الممكن تصميم المباني بطرق بحيث تفي بأقصى احتياجات مستخدميها من الطاقة باستخدام الطاقات الطبيعية المتجددة.

جدول (٢-١) يوضح إمكانية استخدام بعض أنظمة الطاقات المتجددة لتوفير بعض احتياجات الإنسان في المباني.

الرقم	عناصر استهلاك الطاقة في المباني	الطرق التقليدية	إمكانية الطاقة المتجددة
١	تبريد وتهوية المباني	١- المراوح ٢- المكيفات ٣- المكيفات الصحراوية	* نظام التهوية الشمسي السالب * الملاقف الهوائية * بعض العناصر المعمارية مثل بئر السلم
٢	تسخين المباني	١- الدفايات الكهربائية ٢- المكيفات ٣- دفايات الكيروسين ٤- حرق الأخشاب	* نظام التسخين الشمسي السالب
٣	الإضاءة	١- الإضاءة الكهربائية	* نظام الإضاءة الطبيعية
٤	تسخين المياه	١- سخانات الكهرباء ٢- سخانات الغاز	* السخانات الشمسية
٥	تغذية المياه (ضخ المياه)	١- طلمبات كهربائية ٢- طلمبات الديزل ٣- طلمبات البنزين	* أنظمة الطلمبات الشمسية * أنظمة الرياح

جدول (٢-١) إمكانية استخدام أنظمة الطاقات المتجددة في المباني

وأخيراً، يجب أن نذكر أن إحدى الصور الحديثة لإنتاج الطاقة، والواعدة بكثير من الإيجابيات، هي من إنتاج الخلايا الشمسية الكهروضوئية. ومع استخدام التطورات التكنولوجية، أمكن في هذا المجال تخفيض التكلفة لإنتاج الكهرباء باستعمال الخلايا الشمسية بنسبة وصلت إلى ٩٠٪ منذ عام ١٩٨٠.

وعموماً، فإن استخدام التصميمات التي تراعى البيئة مع استخدام التكنولوجيا المتاحة في الولايات المتحدة قد يخفض من استخدام الطاقة بمقدار ٧٠٪ في المباني السكنية، ويخفض من الاستخدام الكلي للطاقة بمقدار ٦٠٪ في المباني التجارية، وذلك طبقاً لتقديرات العلماء في العمل القومي للطاقة المتجددة في مدينة جولدن بولاية كولورادو.

١-٣-٢ تقنيات التحكم المناخي في تصميم المباني

تستخدم تقنيات عديدة في مجال التحكم المناخي للتصميم المعماري والعمراني للمباني والمناطق منها ما يتعلق بتخطيط وتنسيق المواقع ومنها ما يطبق على المساقط الأفقية وكتل المباني، ومنها ما يتحكم في تصميم الغلاف الخارجي للمباني وخاصة الفتحات الخارجية.

ونستعرض بعض الأفكار والأهداف التي بنيت عليها هذه التقنيات لاستخدامها سواء شتاءً أو صيفاً أو لكل من الفترتين الأقل والأعلى من المحتملة حرارياً.

١-٣-٢-١ استراتيجيات التحكم المناخي في تصميم المباني

Strategies of Buildings' Climatic Design

شتاءً:

(١) السماح باكتساب الطاقة الشمسية بالإشعاع

(٢) تقليل سريان الحرارة بالتوصيل (من الداخل إلى الخارج)

(٣) تقليل تسريب الهواء بالحمل (من الخارج إلى الداخل)

(٤) تقليل سريان الهواء الخارجي بالحمل وحجز الرياح

صيفاً:

(١) تقليل اكتساب الطاقة الشمسية بالإشعاع

(٢) تقليل سريان الحرارة بالتوصيل (من الخارج إلى الداخل)

(٣) تقليل سريان الهواء بالحمل (من الخارج إلى الداخل)

(٤) السماح بالتهوية لتسييم الصيف

(٥) السماح بالتبريد عن طريق التبخير

(٦) السماح بالتبريد عن طريق الإشعاع

(٧) السماح بالتبريد من الأرض بالتوصيل

١-٣-٢-٢ تقنيات التصميم المناخي للمباني بشكل عام

Techniques of Buildings' Climatic Design

(١) استخدام طبوغرافية الموقع والمزروعات والأشجار والمياه بغرض:

(Use Neighboring Land, Vegetation, Plants and Water)

- حجز الرياح الشتوية

- تظليل المبنى صيفاً

- تقليل الأشعة المنعكسة من المسطحات المحيطة بالمبنى صيفاً

- التبريد بالتبخير صيفاً

(٢) تشكيل وتوجيه غلاف المبنى بغرض

(Shape & Orientation of Buildings)

- تقليل التعرض لشمس الصيف

- تعظيم التعرض لشمس الشتاء

- حجز الرياح شتاء

- السماح بالتهوية الطبيعية المستحبة صيفاً

- تصميم الفراغات المعمارية للمبنى بحيث تتوافق مع التوجيه الشمسى

(Natural Ventilation) التهوية الطبيعية (٣)

(Free or Natural Convection) الحمل الحرارى أو الطبيعى

(Forced Convection) الحمل المدفوع

(٤) أسس تصميم الغلاف الحرارى للمبنى

(Design Principles of Building Thermal Envelope)

أ- تقليل نسبة مسطح الغلاف الخارجى للجسم الداخلى للمبنى بغرض:

- تقليل الاكتساب الحرارى صيفاً

- تقليل فقدان الحرارى من الداخل إلى الخارج شتاءً.

ب- استخدام مواد ذات قدرة عالية لتخزين الحرارة والتحكم فى سريانها بغرض:

(Use High Capacitance Material)

(Heat Gain) - تعظيم تخزين الحرارة المكتسبة شتاءً

(Time Lag) - التحكم فى سريان الحرارة للداخل وتحديد زمن التأخير صيفاً

ج- استخدام مواد عازلة للحرارة بغرض:

(Use of Heat Insulating Material)

- التحكم فى سريان الحرارة من الخارج إلى الداخل صيفاً

- التحكم فى فقدان الحرارة من الداخل إلى الخارج شتاءً

د- استخدام مواد عاكسة للحرارة بغرض :

(Use of Heat Reflective Material)

- تقليل الحرارة المكتسبة صيفاً

- تعظيم الأشعة المنعكسة على المبنى والفتحات شتاءً.

(Solar Control of Windows) هـ) التحكم الشمسى للنوافذ :

- تقليل الفتحات على الواجهات الشرقية والغربية وتعظيمها على الواجهات الجنوبية

بغرض ترشيد الطاقة للحماية من الأشعة الشمسية صيفاً وتعظيمها شتاءً بالإضافة إلى تقليل الحرارة المفقودة من الداخل للخارج شتاءً.

- التحكم فى عزل زجاج النوافذ بغرض ترشيد الطاقة.

- استخدام الأرفف الضوئية لتعظيم الأشعة المنعكسة المكتسبة شتاءً.

- التظليل الداخلى للنوافذ

- وسائل التظليل الخارجى للنوافذ

- كاسرات الشمس الأفقية والرأسية الثابتة

- كاسرات الشمس المتحركة

(Solar Passive Architecture) ٦) الاستخدام السلبي للأشعة الشمسية

- استخدام الحوائط والمجمعات الشمسية والخلايا الشمسية بغرض:

(Use of Solar Walls, Roof collectors and photo Cells)

- تعظيم الحرارة المكتسبة شتاءً

– الاستفادة من الطاقة الشمسية لتسخين المياه وتوليد الطاقة.

٣-٢-٣-١ تقنيات التبريد السلبي صيفاً Passive Cooling Techniques

أ – تقنيات التبريد بواسطة التظليل والتبخير عن طريق:

– استخدام المزروعات للغطاء الأرضي.

– استخدام رشاشات المياه.

ب – تقنيات التبريد بواسطة التظليل الشمسي عن طريق :

– تقليل الأشعة المنعكسة من الأرض وأسطح المباني المواجهة لشمس الصيف.

– استخدام تضاريس الموقع والمباني المجاورة والأشجار.

– تشكيل وتوجيه غلاف المبنى لتقليل التعرض لشمس الصيف.

– استخدام مواد عاكسة للأسطح المواجهة لشمس الصيف.

– تظليل الزجاج "التحكم الشمسي للنوافذ".

ج – التهوية الطبيعية عن طريق :

– الحمل الحراري أو الطبيعي :

يحدث عن طريق الانتقال الحراري بواسطة القوى الحرارية المسببة لضغوط الرياح أو لفرق الضغط الناتج عن اختلاف درجات الحرارة بين داخل المباني وخارجها. ويتأثر معدل التهوية بسرعة الرياح واتجاهها ويمكن التحكم في التهوية الطبيعية لفراغات المباني يدوياً عن طريق التحكم في غلق الشبابيك والأبواب في غلاف المبنى نهائياً وفتحها ليلاً صيفاً ليتم طرد الهواء الساخن الداخلي وتبريد الفراغات المعمارية بالتهوية الليلية.

– الحمل المدفوع :

ويحدث عن طريق الانتقال الحراري المدفوع بواسطة الاختلافات في ضغط الهواء ويتطلب تحكم أتماتيكي بواسطة تشغيل المراوح أو نظم التهوية الميكانيكية. ويعتبر الحمل المدفوع ضروري ولزام للمباني الكبيرة لتجديد الهواء الداخلي والتحكم في نسب التلوث.

٣-٢-٣-٢ تقنيات التسخين السلبي للمباني شتاءً

Passive Heating Techniques

أ – حاجزات الرياح :

– استخدام طبوغرافية الموقع والمزروعات والمباني المجاورة والأشجار للحماية من رياح الشتاء.

– تشكيل وتوجيه غلاف المبنى لتقليل دوامات الرياح شتاءً.

– استخدام مداخل حاجز الرياح.

ب – الشبابيك والحوائط الشمسية :

– تعظيم الشبابيك الجنوبية والأسطح العاكسة، واستخدام الإضاءة العلوية (الشخشيخة) لاكتساب الشمسية الشتوية بالإضافة إلى الإضاءة الطبيعية.

– تشكيل وتوجيه غلاف المبنى.

– استخدام مواد ذات قدرة عالية لتخزين الحرارة المكتسبة.

– استخدام الحوائط والمجمعات الشمسية الموجهة جنوباً.

ج – تصميم الغلاف الخارجي للمباني :

– تظليل نسبة مسطح الغلاف الخارجي للحجم الداخلي للمبنى.

- استخدام فراغات الأسقف المزدوجة والبدرومات كمناطق عازلة بين الداخل والمناخ الخارجى والأرض.

- تقليل الفتحات فى الواجهات الشمالية والشرقية والغربية والتحكم فى عزل زجاج النوافذ.

- اختيار مواد عازلة لمقاومة سريان الحرارة.

- استخدام مواد ذات قدرة عالية للتحكم فى سريان الحرارة.

- تطوير تفاصيل المبنى والفتحات لمنع تسريب الهواء من الداخل إلى الخارج.

- تزويد المبنى بممرات هوائية لاسترجاع الهواء الساخن، وتزويد المبنى بممرات تهوية لسريان الهواء من وإلى الفراغات الخاصة للأجهزة.

١-٢-٥ تقنيات التبريد والتسخين

Heating & Cooling Techniques

أ - الفراغات الداخلية والخارجية :

- تزويد المباني بمسطحات شبه محمية خارجية لتلطيف المناخ على مدار العام.

- توجيه الغرف والفراغات بحيث تتوافق مع التوجيه الشمسى.

ب - المباني المحيطة بالتربة :

- البناء تحت الأرض أو رفع التربة أعلى سطح المبنى.

- استخدام الأسطح المزروعة فوق المباني.

١-٣-٣ مواد البناء المتاحة فى مصر وترشيد الطاقة فى المباني

تعتبر مواد البناء إحدى المتطلبات الرئيسية اللازمة لتحقيق احتياجات التوسع العمرانى فى مصر.. كما أن توفير مواد البناء من المصادر الطبيعية المتاحة محليا أو عن طريق التصنيع المحلى يعتبر أحد الأسس الاقتصادية فى تنفيذ خطط التنمية وخاصة فى قطاع البناء والتشييد.

وتهدف الدراسة الحالية إلى التعرف على الخامات الطبيعية المتاحة فى مصر والتي يمكن استخدامها فى أعمال البناء أو فى إقامة صناعات لمواد البناء وبما يمكن أن يحقق الاحتياجات سواء على المستوى المحلى (فى مناطق التعمير) أو يمكن أن تحقق احتياجات المحافظات المجاورة التى لا تتوافر بها الخامات اللازمة وبشرط توافر جدوى استحداث هذه الأنشطة.

وتوجد عدة عوامل تحكم الاستغلال الأمثل لمصادر الخامات الطبيعية مثل :

- توافر الخامات بالكميات والتركيب والخواص التى تلائم مجال الاستخدام.

- اقتصاديات الاستخراج والاستغلال ونقل الخامة والتصنيع.

- القرب من مواقع التجمعات السكانية وحجم الاحتياجات الحالية والمستقبلية.

- مدى توافر عناصر البنية الأساسية كالمياه والكهرباء ومصادر الطاقة بشكل عام.

١-٣-٣-١ خامات مواد البناء :

أ- تصنيف عام للخامات الطبيعية المستخدمة تقليدياً فى مصر فى صناعة البناء

١-الركام:

يمكن تعريف الركام على أنه المادة المائلة للخلطة الأسمنتية وتتكون من حبيبات صخرية لها مميزات محددة من حيث القطر والتدرج الحبيبي والخواص الطبيعية والميكانيكية وكذا التركيب الكيميائى بما يتلاءم مع الأغراض التى تصمم من أجلها.

ويقسم الركام إلى ركام طبيعي : وهو الركام المأخوذ من المحاجر الطبيعية بدون إدخال أى عمليات صناعية عليه تغير من حالته الطبيعية وذلك مثل الرمال والزلط وكسر الأحجار الجيرية والجرانيتية وغيرها وكذا الحجر الخفاف، وركام مصنع : ويشمل عدة أنواع وفقا لعمليات المعالجة التى تدخل عليها مثل الليكا ونواتج كسارات الأحجار المختلفة وركام خبث الأفران ومخلفات الفحم المحترق. ويقسم الركام أيضا تبعاً لحجم الحبيبات إلى ركام صغير وركام كبير وآخر شامل للنوعين السابقين.

أ- الرمال :

تعتبر الرمال من مواد البناء الشائعة الاستخدام وتختلف فى الشكل والحجم والتركيب وتوزيع الحبيبات المكونة لها ونسب الشوائب.. وتتواجد الرمال فى مصر كترسيبات فى مناطق عديدة مثل شواطئ البحار ونهر النيل وكغطاء سطحي للأنواع الأخرى من الصخور أو على هيئة كتبان رملية.

وبالنسبة للرمال السيليسية التى يصل محتواها من السيلكا إلى ٨٠٪ أو أكثر فإنها تستخدم فى أعمال البناء العامة والصناعات التالية :- (صناعة الطوب الرملى والأسمنتى والطفلى - أعمال الخرسانة - المون - البلاط والترايع الأسمنتية - السيراميك).

وتستخدم الرمال السيليسية ذات درجات النقاء العالية (أكثر من ٩٨٪ سيلكا) فى صناعة الزجاج.

ب- الزلط :

ويدخل بصفه خاصة فى صناعة الخرسانة - كما يستخدم الزلط الرفيع فى صناعة الطوب الأسمنتى أحياناً.

٢- الطوب الأسمنتى :

يمكن استخدام الرمال المتواجدة بسيئاء فى صناعة الطوب الأسمنتى كركام صغير

ضمن الخلطة الأسمنتية للطوب الأسمنتى، وذلك بعد مراعاة نسبة الأسمنت المضافة فى الخلطة وأسلوب التشكيل والمعالجة.

٢-١- ترسيبات الجيرية :

الأحجار الجيرية هى أحد الأنواع الأكثر شيوعاً من أنواع الصخور الرسوبية وهى تتكون أساساً من كربونات الكالسيوم وتحتوى على بعض كربونات الماغنسيوم والمواد السليكاكية مثل حبيبات الكوارتز، ويمكن ذكر المتوسط العام لتركيب الأحجار الجيرية كالاتى : حوالى ٩٢٪ كالسيوم وكربونات ماغنسيوم، ٥٪ أكسيد سليكون، وعادة ما تكون نسبة كربونات الماغنسيوم صغيرة جداً إلا إذا كان الصخر من النوع الدولوميتى أو يكون دولوميت.

وتتميز الأحجار الجيرية عادة بتواجد كمية من الحفريات والأصداف البحرية بها، ويمكن تمييزها بواسطة نصل السكين الذى يحدث شروخاً بالصخر وأيضاً عن طريق إضافة كمية من حمض الهيدروكلوريك المخفف الذى يحدث مع إضافته فوران نتيجة خروج ثانى أكسيد الكربون (وذلك فيما عدا الدولوميت).

والأحجار الجيرية اسم لصخور مكونها المعدنى الأساسى الكالسييت المتبلور أو الأراجونيت (كربونات الكالسيوم) أو مكونها الأساسى كربونات كالسيوم عديمة التبلور، وأحياناً يتكون الحجر الجيرى من تجمع لأجزاء من الحفريات والأصداف البحرية الهيكل الكلسية سواء كانت هياكل كاملة أو مهشمة.

ويدخل الحجر الجيرى فى صناعة المبانى من الدبش - والنشر الآلى لبلوكات الطوب، كما يستخدم كسر الحجر (الركام) فى صناعة الطوب الأسمنتى - وتستخدم البودرة الناتجة عن التكسير أحياناً فى صناعة البلاط، وترسيبات الأحجار الجيرية تعتبر أساسية فى صناعة الجير (الحى والمطفى) وفى الأسمنت والبويات.

تعتبر الصخور الطينية واحدة من الصخور الرسوبية الواسعة الانتشار والتي تتكون نتيجة فعل عوامل التجوية أو التعرية الطبيعية مثل الرياح والمياه والمحاليل للصخور الأساسية (النارية والمتحولة)، وهذه الصخور الطينية إما أن تكون صخور متكونة في مكان الصخر الأم (Mother Rock) وفي هذه الحالة تسمى بالصخور الطينية المتبقية أو تنقل من مكانها عن طريق عوامل النقل المختلفة مثل المياه والرياح وترسب في أحواض ترسيبية جديدة في وديان الأنهار والدلتات أو في البحار والبحيرات وتسمى في هذه الحالة بالصخور الطينية المنقولة (Transported) وعلى هذا يمكن تقسيم النوع تبعاً لمكان أو حوض الترسيب إلى صخور طينية بحرية وبحرية ونهرية... وغيرها. وعموماً تعرف كلمة طين (Clay) على أنها نواتج التعرية الطبيعية (Natural Weathering) للصخور السليكاتية والتي تحتوى أساساً على سليكات مائية للألومنيوم (Hydrous Aluminium Silicates) ولها خواص بلاستيكية عندما تخلط بالماء (أي سهلة التشغيل) وتتكون من حبيبات أغلبها يقل قطره عن ٢مكرون... وأهم ما يميز الصخور الطينية اللون والنسيج والتركيب المعدني والكميائي.

وتوجد عدة مجالات لاستخدام هذه الطفلات وذلك طبقاً للمعادن المكونة لها ودرجة نقائها، فطفلة الكاولين النقية تستخدم في صناعاتي الصيني والبويات، وطفلة البنتونيت تستخدم أساساً في تبطين آبار البترول. أما الأنواع التي تحتوى على أكاسيد حديد فإنها تستخدم في صناعة الطوب الطفلي، كما تستخدم أيضاً في صناعة الخزف والمواسير الفخارية وتدخل في صناعة الأسمنت.

وحديثاً تم استخدام بعض الأنواع من الطفلة بعد معالجتها بطرق خاصة لإنتاج حبيبات الركام الخفيف (Loca) حيث تدخل في بعض الصناعات مثل الخرسانة والطوب الأسمنتي.

أ- الطفلة الصحراوية :

وتدخل في صناعة الطوب الطفلي وصناعة الأسمنت وصناعة الركام الخفيف (الليكا).

ب- الكاولين:

ويدخل في صناعة السيراميك والحراريات كما يمكن استخدام الأنواع غير النقية في صناعة الطوب الطفلي.

٥- الترسيبات الجبسية:

يعرف الجبس على أنه كبريتات الكالسيوم المائية، ويستخدم الجبس في مصر في عدة مجالات منها صناعة المصيص وصناعة البلوكات الجبسية وفي استصلاح الأراضي الزراعية المالحة وغيرها.

ويعتبر الجبس مادة لاحمة هامة في أعمال البناء وفي صناعة مواد بناء الحوائط. وقد أظهرت المعلومات الجيولوجية والدراسات المختلفة تواجد الجبس بكميات كبيرة في مصر.

٦- الصخور البازلتية:

تتواجد الصخور البازلتية أساساً في محافظة جنوب سيناء وفي موقعين متميزين هما منطقة جبل الماتلا ومنطقة جبل تكنا.

ويستخدم كسر البازلت في عمل الخرسانات الخاصة والبلاط وفي رصف الطرق.

٧- الرخام:

يطلق الرخام على الأنواع المختلفة من الصخور التي يمكن تقطيعها إلى ألواح قابلة للسقل والتلميع وخالية من العيوب التركيبية مثل التشققات أو الجيوب اللينة والأنواع

المعروفة والشائعة الاستخدام هي الأحجار المتحولة التي تستخدم في الزينة والسربنتين والنيس والجرانوديوريت والدايوريت... إلخ.

والاستخدامات الشائعة للرخام مثل أعمال التكسية الداخلية للمباني والخارجية أيضاً المتمثلة في الواجهات على هيئة بلاطات، واستخدام الركام الناتج منها في تصنيع البلاط.

وبدراسة الصخور الرخامية والتي تتواجد في شبه جزيرة سيناء ذات الاحتواء المتحول والتركيب الكربوناتي والتي تستخدم عادة كأحجار زينة، وجد من المعايين والمشاهدات الحقلية لمواقع هذه الصخور أنها تتدرج من الأبيض الناصع إلى الأبيض المطعم والسمنى والكريمى والأسود الداكن.

ويستخرج الرخام في مصر من عدة مصادر طبيعية منها الأحجار الجيرية المتبلورة والمتحولة حيث ينتج منها بتشينو الزعفرانة وأسيوط وبنى سويف وأبيض وأسود وأدفو والجرانيت وبعض أنواع السربنتين والأمبريال بورفرى، ويستخدم الرخام في بعض أعمال التشطيب وفي صناعة البلاط.

٨- الصخور الجرانيتية،

تتواجد هذه الصخور بشبه جزيرة سيناء في مناطق متعددة وخاصة في جنوب سيناء وتقع غالباً في جبال متوسطة إلى عالية الارتفاع وتكون غالباً ذات أحرف حادة مكسرة يعلوها الكثير من نواتج التجوية والتعرية الطبيعية وتمتد هذه الجبال إلى عدة كيلو مترات.

وتتواجد هذه الصخور في شبه جزيرة سيناء أيضاً في عدة أنواع حسب ألوانها المختلفة والتي يحددها تركيبها المعدنى وغير ذلك، فمنها الأبيض والوردى المبيض والسمنى واللحمى وغيرها.

ويستخدم بكثرة في أعمال التكسية الداخلية للمباني الخارجية أيضاً المتمثلة في الواجهات إما على هيئة بلاطات أو باستخدام الركام الناتج عنها في أعمال البلاط.

أنواع مواد البناء ومواقع تواجدها في مصر

تم حصر الأنشطة المختلفة في استغلال مصادر الخامات الطبيعية في مصر ويعطى الجدول رقم (١-٣) الأنواع المختلفة للخامات المستخدمة في مواد البناء والتشييد سواء المصنعة أو التي تتطلب تجهيزاً بسيطاً قبل الاستخدام ومواقع تواجدها هذه الخامات والموقف من استغلالها اقتصادياً.

١-٣-٢ تصنيف المواد تبعاً لاستهلاكها للطاقة:

هناك دراسات كثيرة تركز على عملية تقدير الطاقة المستهلكة في إنتاج مواد البناء ونجد أن معظم هذه الدراسات قد بدأت في أوائل السبعينات عندما بدأ التوجه بجدية نحو ترشيد استهلاك الطاقة.

ونجد في معظم الأحيان أن الطاقة المستخدمة في إنتاج المواد تكون عبارة عن خليط من الطاقة الكهربائية والحرارية لذا فقد استقر الرأي على الأخذ في الاعتبار الطاقة الأولية المستخدمة إما لتحويل الطاقة أو لمراحل الإنتاج.

وتم تصنيف المواد من ناحية استهلاكها للطاقة على أساس شدة الطاقة والتي هي عبارة عن الطاقة الكلية التي يحتاجها إنتاج وحدة الوزن من المادة. لذا فقد تم تصنيف المواد إلى ثلاثة أقسام هي :

(١) مواد عالية الطاقة (مواد يزيد استهلاكها للطاقة عن ٥ جيجا جول/طن).

(٢) مواد متوسطة الطاقة (مواد تتراوح شدة استهلاكها للطاقة عن ٥ر٠ إلى ٥ جيجا جول/طن).

(٣) مواد قليلة الطاقة (مواد تقل شدة استهلاكها للطاقة عن ٥ر٠ جيجا جول/طن).

ويوضح جدول (١-٤) تصنيف بعض مواد البناء المستخدمة على مستوى العالم تبعاً لاستهلاكها للطاقة.

جدول (١-٥) و جدول (١-٦) يوضحان استهلاك الطاقة اللازمة لإنتاج بعض المواد المعدنية والأولية في بعض بلاد العالم.

إن ترشيد الطاقة في المباني يبدأ باختيار أنسب المواد الموفرة للطاقة كما يجب أن يؤخذ في الاعتبار النظم والمكونات الأخرى في المبنى ولقد قامت دراسات كثيرة على مستوى العالم لحساب كمية الطاقة اللازمة لإنتاج بعض مكونات المباني من حوائط

م	مادة البناء	الخامات الطبيعية	مواقع التواجد
١	الرمال	- الرمال المستخدمة في أعمال المباني - رمل زجاج	على طول الساحل الشمالى من العريش حتى رفح جبل الحلال - المشرح - المغارة.
٢	الركام	ركام خفيف (حجر خفاف) ركام طبيعي من مصادر طبيعية مختلفة	سبيكه - رمتته - الحسنة - سهل - الريان أبو عجيبه - الجفجافه - المليز
٣	الجبس	- جبس - أنهيدريت	رأس سدر - رأس ملعب
٤	خامات جيرية	- حجر جيرى - دولوميت - رخام	جبل لبنى - جبل الحلال - الحسنة - وادى غرندل - جبل يلق
٥	خامات الطفلة	طينه نيلية طفلات صحراوية كاولين	سهل الطينه المغارة - الريان - الحسنة جبل مسبع سلامة - العسيلة
٦	البازلت		جنوب سيناء - أبوزنيمه
٧	الجرانيت		جنوب شرق سيناء

جدول رقم (١-٢) أنواع خامات مواد البناء ومواقع تواجدها في مصر بشكل عام

وأسقف وأرضيات وتوضح الجداول من (٧-١) إلى (١٠-١) كمية الطاقة المستهلكة لإنتاج بعض هذه العناصر لتعطى صورة جيدة للمصممين عند اختيار وتصميم المباني.

المواد	كمية الطاقة المستهلكة جيجا جول/طن
(١) مواد عالية الطاقة	
الألمنيوم	٢٥٠ - ٢٠٠
البلاستيك	١٠٠ - ٥٠
الحديد	٦٠ - ٣٠
الأسمنت	٨ - ٥
(٢) مواد متوسطة الطاقة	
الجير	٥ - ٣
الطوب الطفلى	٧ - ٢
الطوب الأسمنتي	٨ - ٢
(٣) مواد قليلة الطاقة	
الرمل	٠.٥ >
الزلط	٠.٥ >
التربة الطينية	٠.٥ >
الحجر	٠.١ >

جدول (٤-١) مقارنة بين كمية الطاقة المستهلكة لإنتاج بعض المواد

المواد	الطاقة الأولية المستهلكة جيجا جول/طن
(١) الحديد	
* حديد مصنع (المانيا)	٢٥٠.٨٠
* حديد تسليح (المانيا)	٣٠٠.١٠
* حديد تسليح (إنجلترا)	٣٥٠.٩٠
* قطاعات حديد (إنجلترا)	٣٩٠.٥٠
* حديد مجلفن (أمريكا)	٦٤٠.٥٠
(٢) الألومنيوم	
* الألواح (المانيا)	٢٦١.٠٠
* منتجات نهائية (إنجلترا)	٢٧٠.٠٠
* الألواح (أمريكا)	٢٧٠.٠٠
(٣) معادن أخرى	
* نحاس (إنجلترا)	١١٥.٠٠
* الرصاص (إنجلترا)	٣٠.٠٠
* الزنك (إنجلترا)	٧٠.٠٠

جدول (٥-١) مقارنة بين كمية الطاقة المستهلكة لإنتاج بعض المواد المعدنية

المواد	الطاقة الأولية المستهلكة جيجا جول/طن
* الرمل (إنجلترا)	٠.٣ - ٠.٣
* الزلط المتدرج (الهند)	٠.٢٢
* رمل المباني (الهند)	٠.١٥
* كسر الحجر (الهند)	٠.١
* الحجر المنحوت (كينيا)	٠.١
* الطوب النقي (الأرجنتين)	٠.٠٠٢
* الطوب النقي المقوى بالأسمنت (٥٪)	٠.٣٥
* الطوب النقي المقوى بالأسمنت (١٥٪)	٠.٧٠

جدول (٦-١) الطاقة المستهلكة لإنتاج بعض المواد الأولية

الرقم	نوع الأرضية	المواد المستخدمة	الكميات	كمية الطاقة (كيلو كالورى)	المقارنة
١	أرضية خرسانية عادية سمك ٤ سم	أسمنت (شكارة) رمل (٣م) زلط (٣م)	٣٠.٠٠ ٠.١٧٨ ٠.٣٥٦	٢١.٠٣٢٦٧	١.٠٠
٢	أرضية رخام سمك ٢ سم على موته سمك ٣ سم	أسمنت (شكارة) رمل (٣م) زلط (٣م) رخام (٣م)	٣٢.٠٠ ٠.١٤ ٠.٢٨ ٢.٨٠	١.٠٣٥١٣١	١.٠٧٥

جدول (٧-١) مقارنة بين كمية الطاقة المستهلكة لبعض أنواع الأرضيات (الوحدة ١٠ متر مسطح من الأرضية)

الرقم	نوع الأرضية	المواد المستخدمة	الكميات	كمية الطاقة (كيلو كالورى)	المقارنة
١	طوب سمك ٢٣ سم	طوب (بالطوبه) أسمنت (طن) رمل (٣م)	١١٣.٠٠ ٠.٢٤ ٠.١٠	١٠.١٦ × ١٠	١.٠٠
٢	حجر منحوت سمك ٣٥ سم	حجر (٣م) أسمنت (طن) رمل (٣م)	٠.٤١ ٠.٤٢ ٠.١٨	١٠.١٠ × ١٠	٥.١
٣	حجر غشيم سمك ٢٠ سم	حجر (٣م) أسمنت (طن) رمل (٣م) زلط رفيع (٣م)	٠.٠٨ ٠.٢٧ ٠.١٠ ٠.١٠	١٠.٠٦ × ١٠	٣.٨

جدول (٨-١) مقارنة بين كمية الطاقة المستهلكة لبعض أنواع الحوائط (الوحدة ١ متر مسطح من الحائط)

٢ العوامل المناخية في مصر

الرقم	نوع الأرضية	المواد المستخدمة	الكميات	كمية الطاقة (كيلو كالورى)	المقارنة
١	سقف خرساني	أسمنت (شيكارة) رمل م (٢) زلط متدرج (م٣) حديد (كجم)	٠.٨١ ٠.٠٦ ٠.١٠ ٥٧٣٦ ر	٢١٠ × ١٢٤٤٢	١٠٠
٢	سقف خرساني (بلاطات مفرغة)	أسمنت (شيكارة) رمل م (٣) زلط متدرج (م٣) طوب (طوبة) حديد (كجم)	٠.٥٣ ٠.٠٤ ٠.٠٦ ٢٦٠٠ ٥٠٤ ر	٢١٠ × ١١٦ ر٥	٩٤

جدول (٩-١) مقارنة بين كمية الطاقة المستهلكة لبعض أنواع الأسقف
(الوحدة ١ متر مسطح من السقف)

الرقم	نوع الأرضية	المواد المستخدمة	الكميات	كمية الطاقة (كيلو كالورى)	المقارنة
١	مونة أسمنتية	أسمنت (طن) رمل م (٣)	٠.٢٥ ١.٠٧	١٠ × ٤٨٢	١٠٠
٢	مونة أسمنتية جيرية	أسمنت (طن) رمل م (٣) جير (طن)	٠.٢٥ ١.٠٧ ٠.١٣	١٠ × ٦٥٣	١٣٥ ر٤

جدول (١٠-١) مقارنة بين كمية الطاقة المستهلكة لبعض أنواع المون

العوامل المناخية في مصر

١-٢ عناصر المناخ في مصر

٢-٢ الراحة الحرارية

٣-٢ تقسيم الأقاليم المناخية في مصر

٤-٢ الأشعة الشمسية

٢- العوامل المناخية فى مصر

يهدف هذا الجزء إلى التعرف على السمات التى يفرضها المناخ على مواد الإنشاء والتشكيل المعماري، وذلك بمراعاة عوامل الراحة الحرارية والتصميم البيئى للمنشأ. ويشمل هذا الجزء الأقسام الآتية :

١-٢ عناصر المناخ فى مصر

٢-٢ الراحة الحرارية

٣-٢ تقسيم الأقاليم المناخية فى مصر

٤-٢ الأشعة الشمسية

وفيما يلى شرح موجز لهذه الأقسام :-

١-٢ عناصر المناخ فى مصر

تتحدد عناصر المناخ الأساسية اللازمة لدراسة راحة الإنسان والتصميم المناخى فى الآتى:-

- الإشعاع الشمسى

- درجة حرارة الهواء

- البخار والرطوبة

- الرياح

- الأمطار

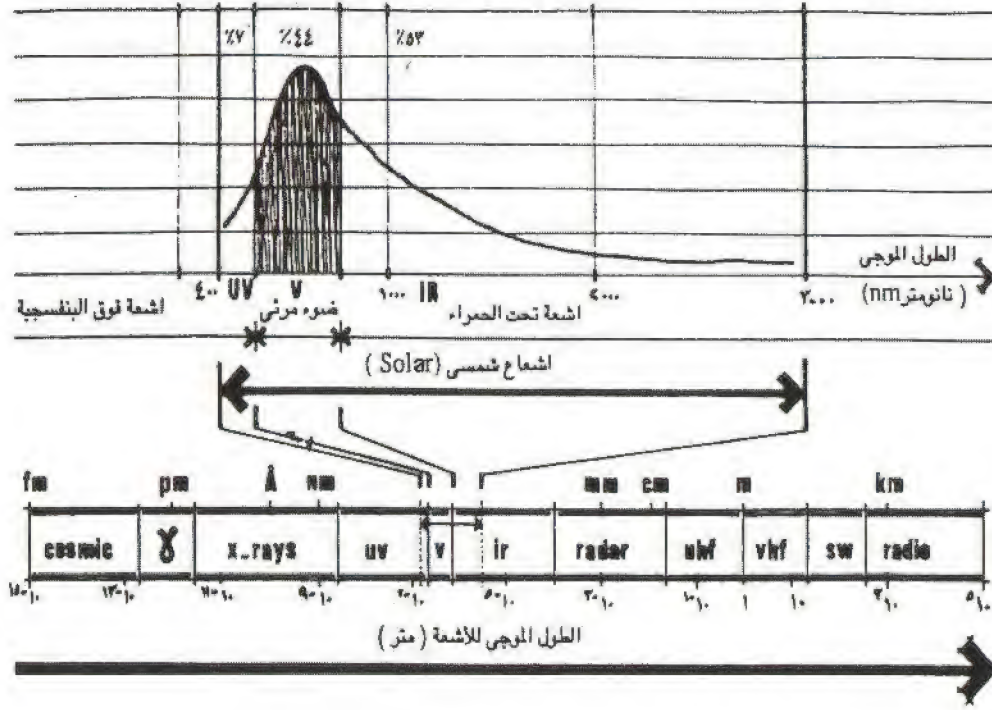
ولتحديد خصائص المناخ لأى موقع يلزم توافر البيانات المناخية التى تشتمل المتوسطات الشهرية للقيم العظمى والصغرى لجميع العناصر المناخية السابقة.

وبجانب دراسة العوامل المناخية في مختلف مناطق مصر، يراعى عند التصميم المناخى تأثير العوامل المحيطة بالموقع على المناخ المصغر (Micro Climate) الخاص به مثل طبيعة التضاريس وخصائص سطح الأرض سواء كانت طبيعية أو صناعية وما يحتويه الموقع من مبان وأسوار وأشجار.

١-١-٢ الإشعاع الشمسى

تعتبر أشعة الشمس من أهم عناصر المناخ، حيث تتأثر بها معظم العناصر المناخية الأخرى، وتنقل طاقة الإشعاع الشمسى فى صورة موجات كهرومغناطيسية ذات مدى متسع من الأطوال الموجية (يتراوح من ٢٠٠ نانومتر (١) حيث الأشعة فوق البنفسجية، حتى ٣٠٠٠ نانومتر حيث الأشعة تحت الحمراء) وتزداد الكثافة الإشعاعية داخل مجال طيف الضوء المرئى عند طول موجى ٥٠٠ نانومتر، ويوضح ذلك شكل (١-٢). وتسمى قيمة الإشعاع الشمسى على السطح الخارجى للغلاف الجوى بالثابت الشمسى وتبلغ ١٣٩٥ وات/م^٢ على السطح العمودى على الأشعة.

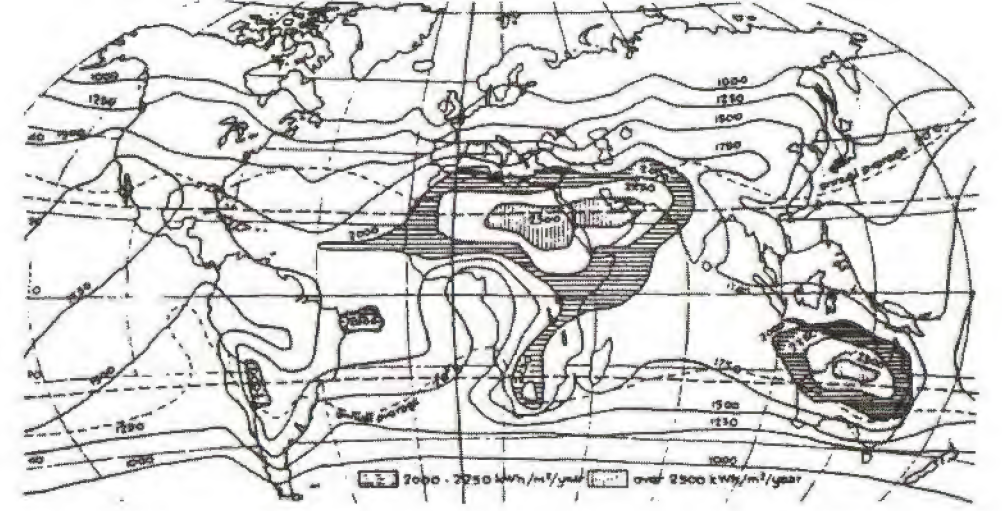
وتقل شدة الإشعاع الشمسى خلال مروره بطبقات الغلاف الجوى لما تحتويه من رطوبة وبخار ماء وغبار وأتربة. وتتغير قيمة الفقد فى الإشعاع الشمسى مع تغير طول مسار الأشعة داخل الغلاف الجوى، تبعاً لزاوية ارتفاع الشمس (Altitude) والارتفاع عن منسوب سطح البحر.



شكل (١-٢) مجال طيف الاشعاع الشمسى مقارن بالمجال الكامل لطيف الموجات الكهرومغناطيسية

- (١) النانومتر : وحدة قياس أطوال ، وتساوى ١٠^{-٩} متر أو ١٠^{-٦} من الميكرون
(٢) تتغير قيمة الثابت الشمسى ، تبعاً لنشاط البقع الشمسية فى حدود $\pm 2\%$ أو لتغير المسافة بين الشمس والأرض فى حدود $\pm 3\%$

كما يختلف إجمالي كمية الإشعاع الشمسي السنوي الساقط على موقع ما، تبعاً لخط العرض الجغرافي والعوامل المناخية المحلية، ويوضح شكل (٢-٢) متوسط إجمالي الإشعاع الشمسي الساقط على المستوى الأفقي في مختلف المناطق.



شدة إشعاع شمس ٢٠٠٠ - ٢٢٥٠ كيلووات. ساعة/م². سنة.
شدة إشعاع شمسي أكبر من ٢٥٠٠ كيلووات. ساعة/م². سنة

شكل (٢-٢) خريطة توضح المناطق ذات الإشعاع الشمسي الزائد

حساب زوايا الشمس على واجهات المباني:

لتحديد موقع الشمس في أى ساعة من ساعات النهار وفي أى شهر من شهور السنة نتبع الخطوات التالية:

١ - حدد موقع الشمس على المنقطة الدائرية المخصصة لخط العرض (المرفق هي المنقطة لخط عرض ٢٢ شمال أو جنوب).

مثال: يوم ٢٢ ديسمبر الساعة التاسعة صباحاً: ما هي زوايا الشمس الرأسية والأفقية؟ خط العرض ٢٢ شمال.

الحل : على الخط المبين عليه ٢٢ ديسمبر وتقاطع مع الساعة التاسعة صباحاً حدد النقطة «أ» كما هو مبين على المنقطة، تقع هذه النقطة على الدائرة المركزية المكتوب عليها ٢٠ درجة، هذه هي زاوية إرتفاع الشمس في هذا اليوم من الشهر ولعرفة الزاوية الأفقية للشمس، وصل خط مستقيم من المركز ماراً بالنقطة «أ» حتى الدائرة الخارجية كما هو مبين بالرسم، تقاطع هذا الخط مع الدائرة الخارجية يحدد الزاوية الأفقية للشمس في ذات اليوم وهي في هذا التمرين ١٣٧ درجة مقاسه من الشمال في إتجاه عقرب الساعة.

٢ إذا كان محور المبنى لا يتعامد مع إتجاه الشمال مويته إلى إتجاه آخر مثلاً شمال جنوب بدلاً من شرق غرب تستخدم المنقطة النصف دائرية التي يجب أن يكون مطبوعة على بلاستيك شفاف.

أ - ضع مركز المنقطة النصف دائرية على مركز المنقطة الدائرية ستجد أن قوس المنقطة النصف دائرية ينطبق على قوس المنقطة الدائرية.

ب - أدر المنقطة النصف دائرية وهي في موضعها حتى تنطبق قاعدتها على إتجاه جنوب شمال على المنقطة الدائرية لخط العرض ٢٢ شمالاً.

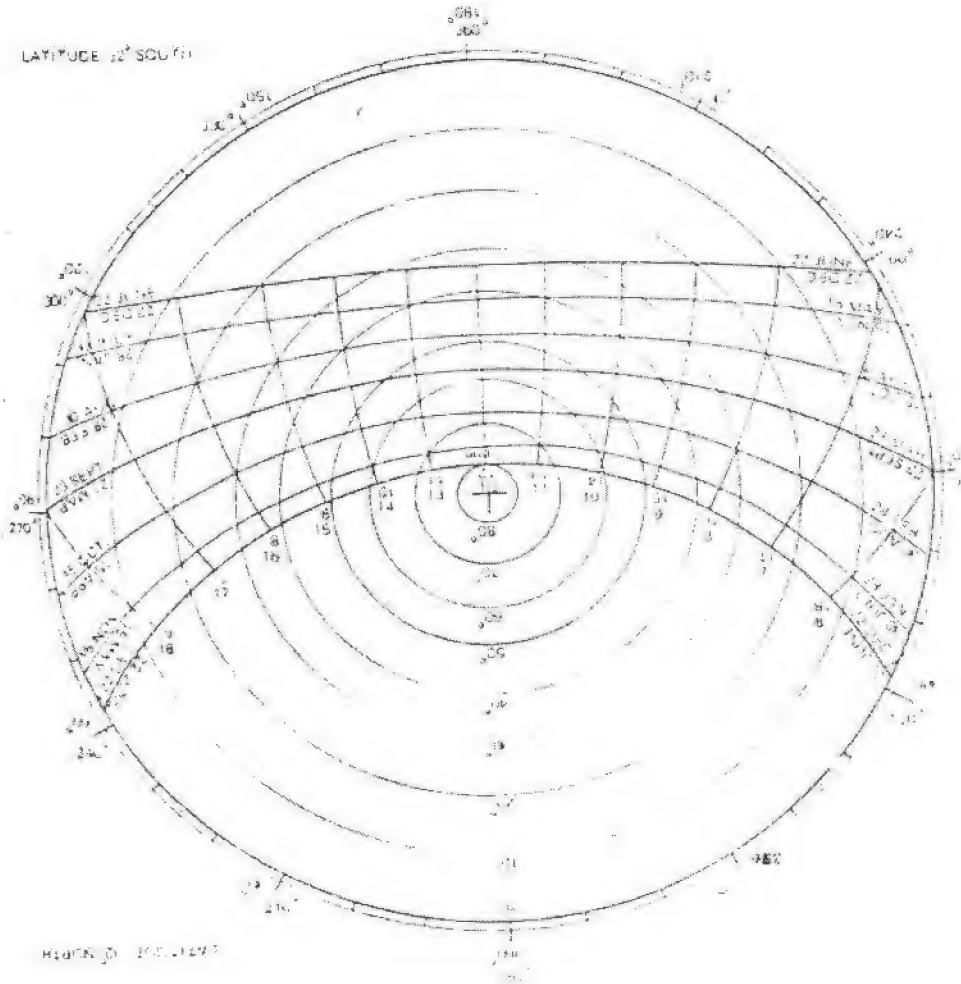
ح- ستظهر النقطة التي حددناها سابقاً في المسألة تظهر من خلال النصف دائرية الشفافة.

د - إقرأ زوايا الشمس على المبنى من المنقلة النصف دائرية بحيث أن الخطوط المستقيمة في المنقلة تعبر عن الزاوية الأفقية للشمس على المبنى في وضعه الجديد والأقواس تعبر عن زاوية إرتفاع الشمس في ذات اليوم الموجود في المثال أي ٢٢ ديسمبر الساعة التاسعة صباحاً. لأن النقطة ستقع في تقاطع القوس مع الخط المستقيم.

هـ- في هذا المثال عندما يتجه محور المبنى في الإتجاه جنوب شمال تكون زاوية الشمس الرأسية على المبنى هي ٢٨ درجة والأفقية ٤٥.

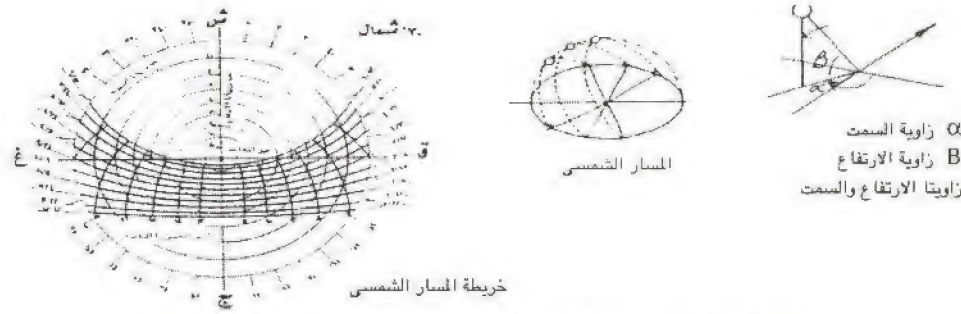
و - من هذه الزوايا يمكن تصميم المظلات الأفقية أو الزعانف الرأسية على الواجهات لتمنع الشمس من الدخول إلى عناصر المبنى.

ي - نستطيع معرفة زوايا الشمس على المبنى في أي إتجاه للمبنى بإتباع الخطوات السابقة.

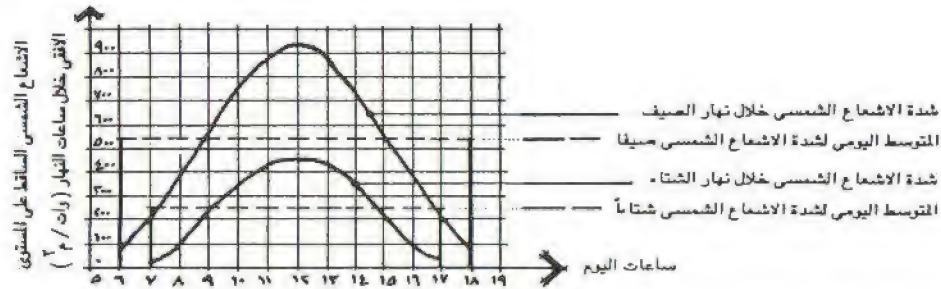


وتتغير شدة الإشعاع الشمسي على مدار السنة في أى موقع محدد، إلا أنه بصفة عامة يقل ذلك التغير في المناطق المدارية. وتتغير شدة الإشعاع الشمسي خلال ساعات النهار، تبعاً لزاوية ارتفاع الشمس على المستوى الأفقي وتستعمل خرائط المسار الشمسي (Solar Path Diagram) لتحديد زوايا ارتفاع الشمس خلال ساعات النهار بأى موقع، بمعلومية خط العرض الجغرافى. ويوضح الشكلان (٢-٣، ٢-٤) خريطة المسار الشمسي لمدينة القاهرة (٣٠° شمالاً) ومدى التغير في شدة الإشعاع الشمسي المصاحب لذلك خلال ساعات النهار.

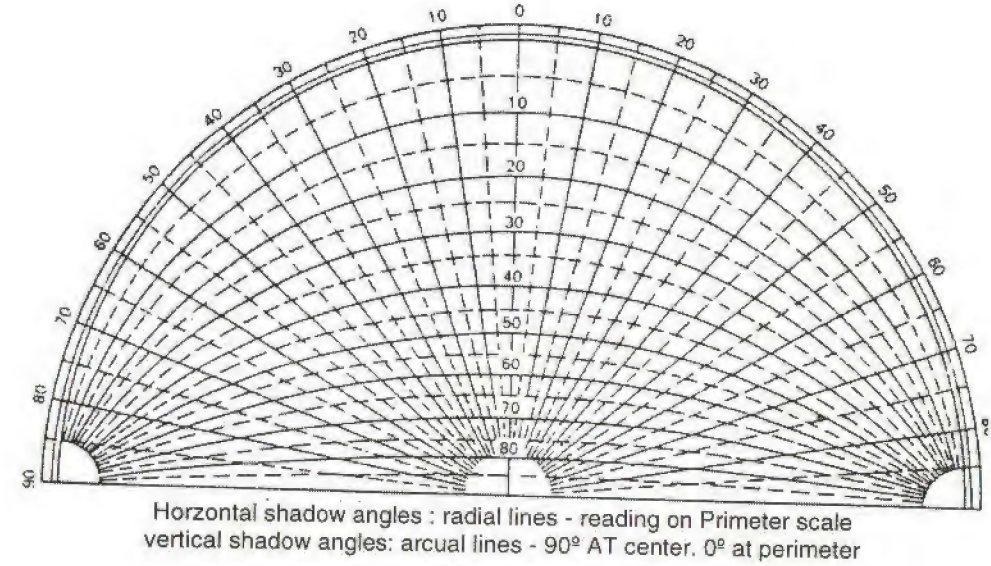
ويلاحظ أن إجمالي قيمة الإشعاع الشمسي اليومى يتأثر كذلك بمدة سطوع الشمس (Duration) ويقصد بها عدد الساعات الفعلية لظهور الأشعة المباشرة للشمس خلال النهار.



شكل (٢-٣) خريطة المسار الشمسي لمدينة القاهرة (٣٠° شمالاً)



شكل (٢-٤) تغير شدة الإشعاع الشمسي على المستوى الأفقي خلال ساعات النهار بمدينة القاهرة



٢-١-٢ درجة حرارة الهواء

يجب على المصمم الحصول على بيانات كافية تشمل متوسطات درجات الحرارة (بين النهار والليل). وبصفة عامة يكون اختلاف درجات الحرارة اليومي ذا مدى كبير بالمناطق الحارة الجافة ذات السماء الصافية، في حين يكون ذلك الاختلاف صغير المدى بالمناطق أو الفترات الرطبة ذات السماء الملبدة بالغيوم. تتأثر درجة حرارة الهواء بدرجة كبيرة بمعدل تسخين وتبريد سطح الأرض بالموقع، حيث تنتقل الحرارة من سطح التربة إلى طبقة الهواء الملاصقة لها بالتوصيل، وتنتقل تلك الحرارة بدورها إلى الطبقات الأعلى مع تيارات الحمل، وبذلك تمثل مادة سطح الأرض، عاملاً مؤثراً في درجة حرارة الهواء القريب منها. كما تؤثر طبوغرافية الموقع بدرجة كبيرة على درجة الهواء، إذ يؤدي فرق في الارتفاع قدره (٧-٨ أمتار) عن سطح الأرض إلى تقليل درجة حرارة الهواء بفارق (٥-٦)°س وذلك في حالة سكون الرياح بالموقع.

ويتباين توزيع درجات الحرارة بمختلف المناطق المناخية في مصر كما يلي:

يصل أقصى متوسط لدرجة الحرارة بمختلف مناطق مصر إلى ٣١°س ويزيد في أغلب المناطق الجنوبية خلال فترة الصيف (مايو - سبتمبر) وذلك لوصول هواء شديد الحرارة إليها بفعل المنخفضات الخماسينية ويستثنى من ذلك الجزء الشرقي من ساحل البحر المتوسط، نظراً لمرور الموجات الحارة بمنطقة الدلتا قبل الوصول إليه.

ويظهر تأثير البحر المتوسط في تدفئة منطقة الساحل الشمالى شتاءً حيث تبلغ درجة الحرارة أدناها في شهر يناير وتتقارب متوسطات درجات الحرارة بمدينة الاسكندرية (خط عرض ٣١°١٢ شمالاً) من نظيرتها لمدينة الأقصر (خط عرض ٢٥°٤٠ شمالاً) حول درجة حرارة ١٤°س. ولا ترتفع متوسطات درجة الحرارة عن هذه القيمة خلال نفس الفترة إلا في الطرف الجنوبي للبلاد نظراً لقربة من المنطقة المدارية. كما يظهر تأثير المناطق الساحلية على تقليل مدى التغير الحرارى اليومي بسواحل البحر الأحمر، حيث

تحول نسبة الرطوبة العالية بها دون انخفاض درجة حرارتها كثيراً في الشتاء. ويظهر ذلك من تقارب متوسطات درجة الحرارة شتاءً في كل من القصير وقنا وهما على خط عرض متقارب، في حين أن المدى اليومي في قنا في ذلك الشهر عن السنة يصل إلى ١٦°س ولا يزيد في القصير في نفس الوقت عن ١٠°س. نظراً لتأثير المناطق الساحلية فيما يعرف بنسيم البر والبحر.

وتزيد قارية المناخ (زيادة مدى التغير الحرارى السنوى) مع الابتعاد عن تأثير سواحل البحر إلى الداخل، فبينما تبلغ قيمة المدى الحرارى السنوى ٨-٩°س في الاسكندرية، يلاحظ أنه يصل إلى ٧-١٢°س بالقاهرة و ٩-١٧°س بالأقصر. ويزيد المدى عن ٢٠°س في الإقليم الصحراوى شديد الجفاف كما في الواحات.

٢-١-٣ البخر والرطوبة

يقصد بالرطوبة محتوى بخار الماء الموجود بالهواء الجوى، والذي ينتج من عملية البخر للمسطحات المائية المكشوفة ورطوبة التربة والرطوبة الناتجة من عملية نتج النباتات (Transpiration).

ويتحدد لكل درجة حرارة معينة مدى لمحتوى الرطوبة التي يمكن حملها بواسطة الهواء في صورة بخار، حيث تزيد قدرة الهواء على حمل الرطوبة مع إرتفاع درجة حرارته. وتقاس كمية بخار الماء في الهواء بعدة مقاييس أهمها الرطوبة النسبية وتعرف بالنسبة المئوية لكمية الرطوبة الموجودة فعلياً في (Relative Humidity) حجم معين من الهواء إلى أقصى كمية رطوبة يمكن استيعابها عند التشبع. وذلك في نفس ظروف الضغط الجوى ودرجة الحرارة. وتعطى الرطوبة النسبية صورة مباشرة عن إمكانية البخر، حيث تزيد فرصة حدوث تبريد بالبخر مع انخفاض الرطوبة النسبية بالهواء.

وتقل الرطوبة النسبية مع ارتفاع درجة الحرارة، لزيادة قدرة الهواء على حمل

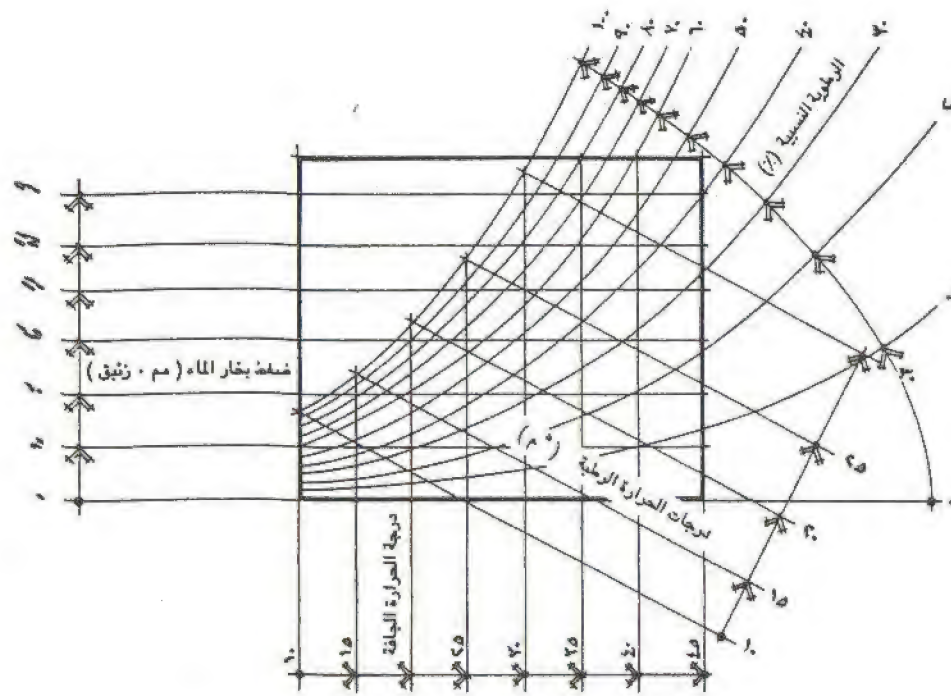
الرطوبة. أما في حالة انخفاض درجة حرارة الهواء تزيد الرطوبة النسبية، ومع زيادة الانخفاض تصل الرطوبة النسبية إلى ١٠٠٪ أى حالة التشبع، يبدأ بعدها حدوث تكثف للبخار الفائض على شكل قطرات مياه، وتسمى درجة الحرارة التي يبدأ عندها التكثف بنقطة الندى (Dew Point) وتقاس الرطوبة النسبية بجهاز السيكروميتر. ويوضح شكل (٥-٢) كيفية استخدام الخريطة السيكرومترية لتحديد الرطوبة النسبية بقياس درجة حرارة كل من الترمومتر الجاف والرطب.

وللحصول على صورة واضحة للرطوبة، تكفى البيانات التالية :-

- المتوسط الشهري لأعلى رطوبة نسبية وتكون عادة في الساعات الأولى من النهار.

- المتوسط الشهري لأقل رطوبة نسبية وتكون في فترة بعد الظهر بحوالى ساعتين.

وتمثل منطقة ساحل البحر الأبيض المتوسط أكثر المناطق في مصر ارتفاعاً في الرطوبة النسبية في جميع شهور السنة، هذا بالإضافة إلى أنها تزيد كلما اتجهنا شرقاً وتنخفض بصورة سريعة كلما اتجهنا جنوباً، حيث يلاحظ أن المتوسط السنوى للرطوبة النسبية في الاسكندرية يصل إلى (٧٠٪) في حين يقل كثيراً في المناطق الجنوبية فيصل في أسوان إلى (٢٧٪).



شكل (٥-٢) استخدام الخريطة السيكرومترية في قياس الرطوبة النسبية

- (١) يمكن تحديد هذه المقاييس علاوة على الرطوبة النسبية في الآتى :
- الرطوبة المطلقة (Absolute Humidity) وتعرف بوزن بخار الماء في حجم معين من الهواء (جرام/م^٣)
 - الرطوبة النوعية (Specific Humidity) ويعرف بوزن بخار الماء في وزن معين من الهواء (جرام/كجم)
 - ضغط بخار الماء (Vapour Pressur) ويعرف بمقدار جزء من الضغط الجوى يكون بخار الماء وحده المستول عن وجوده .

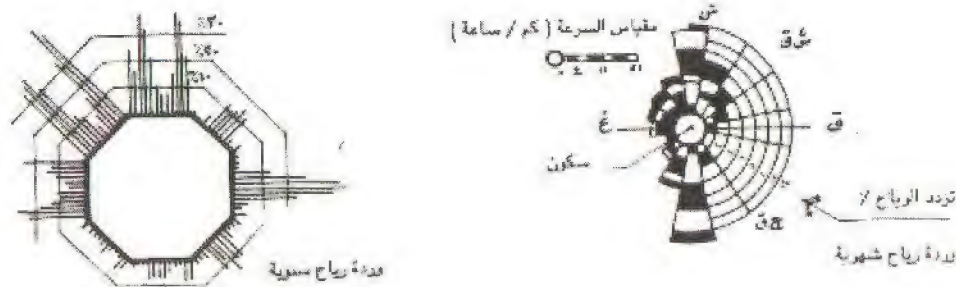
٤-١-٢ الرياح

تتأثر الرياح بالتغيرات الموسمية في الضغط الجوي بين المناطق وبالتغيرات اليومية في تسخين وتبريد المسطحات المائية والأرض، وبحركة دوران الأرض.

وتتحدد خصائص الرياح في اتجاهها وسرعتها وشدتها، وفترات السكون وفترات الأعاصير والرياح الخاصة والموسمية، والتي يتم تسجيلها على مدى فترة طويلة لمعرفة ترددها، وخصائصها بأقصى دقة ممكنة. وأبسط طريقة لتمثيل الرياح بيانها هي ورده الرياح، ولها عدة أنواع توضح جميعها سرعات الرياح موقعه على اتجاهاتها بمقياس رسم مناسب، وتكون كما يوضح شكل (٦-٢) إما شهرية أو سنوية لسهولة توضيح الصورة السائدة لحركة الرياح على مدار السنة في علاقة واحدة. ويقاس اتجاه الرياح بالدرجات من الشمال الجغرافي وتقاس سرعتها بالكيلو متر/ساعة.

وتسود في منطقة الساحل الشمالى الرياح الشمالية (فى الربيع والخريف) والشمالية الغربية (فى الشتاء)، حيث تبلغ نسبتها ٤٦٪ من الرياح التى تهب طوال العام. وفى جنوب الدلتا والقاهرة تسود أيضا الرياح الشمالية، حيث تبلغ نسبتها ٣٢٪، وتزيد الرياح الشمالية الشرقية خلال فصلى الخريف والشتاء. أما فى مصر الوسطى والصعيد، فتتساوى نسبة سكون الرياح مع الرياح الشمالية التى تسود فى هذا الإقليم.

وتهب الرياح الخماسين على مصر فى الفترة من أواخر شهر مارس إلى أوائل شهر مايو من جهة الجنوب والجنوب الغربى، وهى رياح ساخنة ومحملة بالأتربة، وتهب على فترات، كل فترة تستمر من يوم إلى ثلاثة أيام على الأكثر. وتتراوح سرعة الرياح فى كافة أنحاء مصر فى الحالات العادية بين السرعات المتوسطة من حوالى ٧ كم/ساعة (نسيم خفيف) حتى ٢٠ كم/ساعة (رياح معتدلة).



شكل (٦-٢) أشكال مختلفة لوردة الرياح

١٥-١-٢ الأمطار

تتأثر الأمطار مثل أى عنصر آخر من عناصر المناخ بالظروف المحلية بالموقع، فهى تزداد بالمناطق التى تتجه عندها الرياح لأعلى، كما يحدث على جهة الجبال المواجهة للرياح، وفوق المدن حيث تؤدى الحرارة المنبعثة من المباني إلى اتجاه دائم لحركة الهواء.

وتستخدم الوحدات (مم/يوم)، (مم/شهر)، (مم/سنة) لقياس كمية الأمطار الساقطة لمختلف الفترات الزمنية، ويجب على المصمم الحصول على بيانات توضح أقصى كمية أمطار سقطت خلال مدة ٢٤ ساعة متصلة، لمراعاة ذلك عند تصميم المنشأ. كما يجب معرفة اذا ما كان الموقع يمر به مجارى مياه الأمطار أو مخزرات السيول حتى يمكن تجنبها عند تخطيط أماكن المنشآت بالموقع.

ويتمتع الساحل الشمالى بأكبر كميات من الأمطار فى مصر خلال فصل الشتاء وتبلغ أقصاها فى شمال غرب الدلتا بالاسكندرية (حيث يصل إجمالى معدل سقوط الأمطار إلى ١٩٢ مم/سنة) ثم تتناقص الكمية بسرعة كلما اتجهنا جنوبا داخل البلاد، حيث تصل إلى ٤٦ مم/سنة بوسط الدلتا و٢٤ مم/سنة بالقاهرة وتقل عن ١ مم/سنة بمصر الوسطى والصعيد. وتتأثر الأمطار فى المنطقة الشرقية لظروف الضغط المحلى الذى يمتد انخفاضه من شمال البحر الأحمر، حتى يكون الركن الجنوبي الشرقى للبحر المتوسط عبر سيناء، ويؤدى ذلك إلى حدوث عواصف رعدية فى شرق مصر تسبب

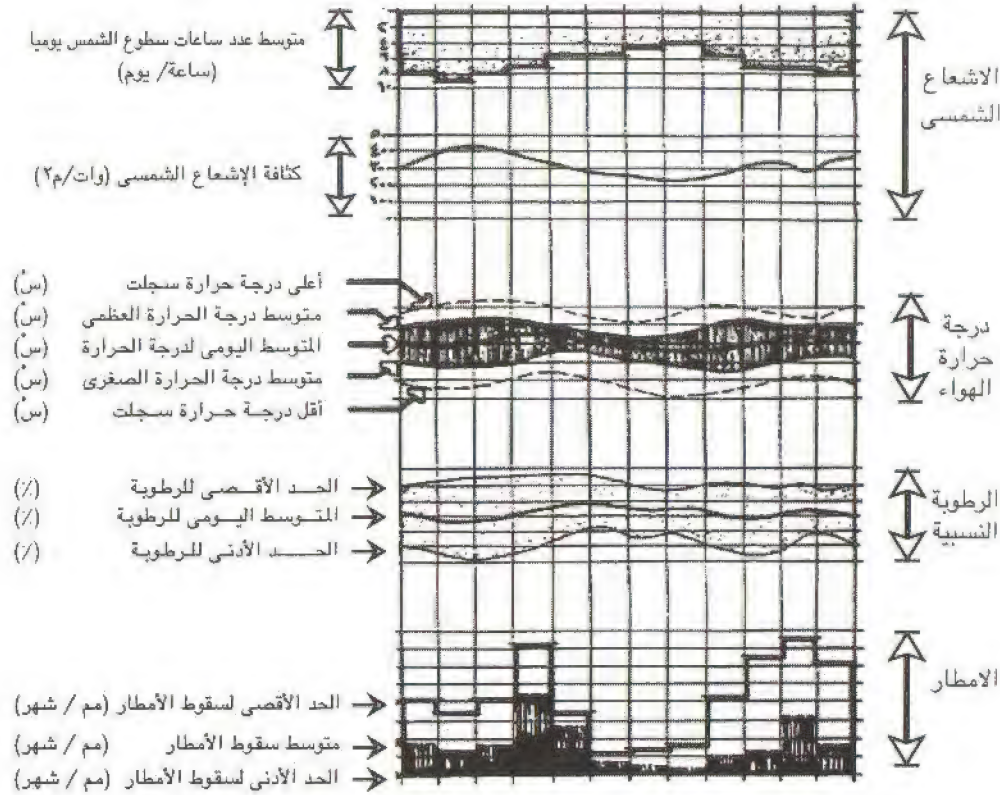
سقوط المطر فى فصلى الربيع والخريف بينما يعتبر الشتاء هو موسم سقوط الأمطار على بقية مناطق مصر.

١-٢ البيانات المناخية المناسبة للتصميم البيئى

يتطلب التصميم البيئى المناسب للظروف المناخية لأى موقع، توافر بيانات كافية من أقرب محطة للأرصاد الجوية، وتتمثل تلك البيانات فى المتوسطات الشهرية لعناصر المناخ السابق شرحها (الإشعاع الشمسى - درجة حرارة الهواء - الرطوبة النسبية - الرياح - الأمطار). ويوضح جدول (١-٢) تلك البيانات المناخية مع وحدات القياس شائعة الاستخدام لكل منها ويمكن تمثيلها بيانيا فى شكل واحد شامل كما فى شكل (٧-٢).

متوسط الرطوبة النسبية العظمى (%)	الرطوبة النسبية	متوسط درجة الحرارة العظمى (س°)	درجة حرارة الهواء
متوسط الرطوبة النسبية الصغرى (%)		متوسط درجة الحرارة الصغرى (س°)	
المتوسط اليومي للرطوبة (%)		المتوسط اليومي لدرجة الحرارة (س°)	
متوسط سرعة الرياح (كم/ ساعة)	الرياح	متوسط درجة الحرارة العظمى (س°)	الإشعاع الشمسى
اتجاه الرياح السائدة () - ()		المدى الحرارى اليومي (س°)	
خصائص العواصف والرياح الخاصة الموسمية		أعلى درجة حرارة سجلت (س°)	
الحد الأقصى لسقوط الأمطار (مم/ شهر)	الأمطار	أقل درجة حرارة سجلت (س°)	
متوسط سقوط الأمطار (مم/ شهر)		ساعات سطوع الشمس (ساعة/ يوم)	
الحد الأدنى لسقوط الأمطار (مم/ شهر)		متوسط شدة الإشعاع الشمسى (وات/م²)	

جدول (١-٢) البيانات المناخية للتصميم المناخى



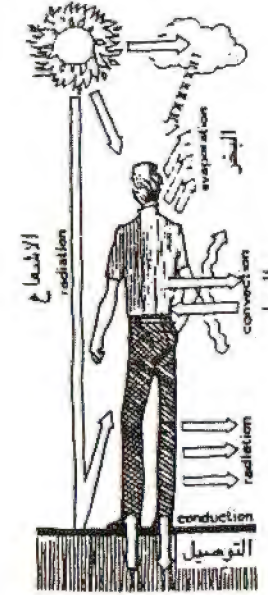
شكل (٧-٢) تمثيل البيانات المناخية المطلوبة للتصميم المناخى

٢-٢ الراحة الحرارية

تعتبر الراحة الحرارية من أهم العوامل الفسيولوجية المؤثرة على الراحة العامة للإنسان . ويشعر الإنسان بالراحة الحرارية عند حدوث اتزان بين المؤثرات المناخية المحيطة وجسم الإنسان حيث يمكن للجو المحيط إزالة حرارة الجسم ورطوبته الزائدة بنفس معدل إنتاجها ، مع المحافظة على ثبات درجة حرارة الجسم عند (٣٥-٣٧°س).

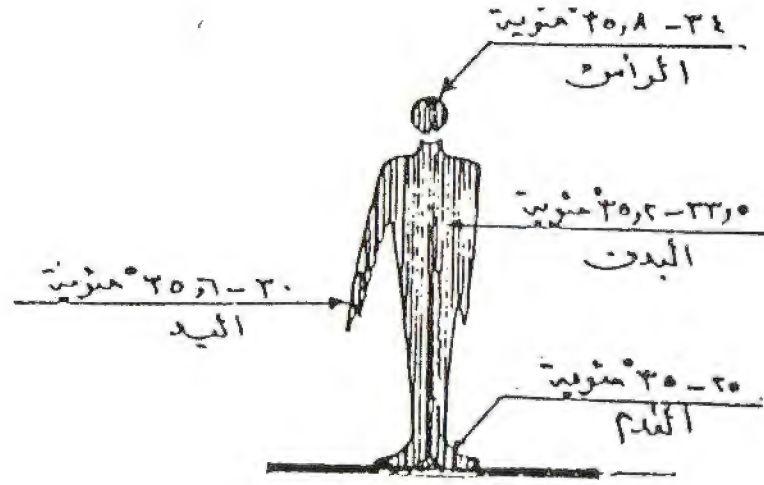
١-٢-٢ العوامل المؤثرة على الشعور بالراحة الحرارية

يعتمد حدوث الاتزان بين الحرارة التي يكتسبها الجسم من البيئة المحيطة ، والحرارة التي تخرج منه على عدة عوامل يرجع بعضها إلى البيئة المناخية (مثل درجة حرارة الهواء والرطوبة النسبية والإشعاع وحركة الهواء) وعوامل أخرى ترجع للإنسان نفسه (مثل تأثير الملابس ونوعية النشاط والحالة الصحية وشكل الجسم) ومع فرض ثبات العوامل الفردية التي يستحيل قياسها بصورة دقيقة ، يمكن دراسة تأثير العوامل البيئية المناخية على شعور الإنسان بالراحة الحرارية ، حيث يحدث التبادل الحراري بين الجسم والبيئة المحيطة من خلال أربعة طرق فيزيقية لانتقال الحرارة شكل (٨-٢) (٩-٢) وهي :



شكل (٨-٢)

Conduction	التوصيل
Convection	الحمل
Radiation	الأشعاع
Evaporation	البخر



شكل (٩-٢)

التبادل الحراري بين جسم الإنسان والبيئة المحيطة

ويحدث التبادل الحراري بالتوصيل بين جسم الإنسان والمواد الملامسة للبشرة بصورة مباشرة مثل سطح الأرضية . وتتوقف كمية الحرارة المنقولة بالتوصيل على فروق درجات الحرارة بين الجسم ومادة الأرضية ، وتعتمد كذلك على الخصائص الحرارية لتلك المواد وقدرتها على اكتساب وفقد الحرارة . كما يحدث التبادل الحراري بالحمل بين جسم الإنسان والهواء المحيط به ، وتتوقف تلك العملية على فروق درجات الحرارة بين الجسم والهواء وكمية وسرعة حركة الهواء . ويتوقف انتقال الحرارة بالإشعاع على فروق درجات الحرارة بين الجسم والأسطح المحيطة به . وفي حالة ارتفاع درجة حرارة كل من الهواء والأسطح المحيطة عن ٢٥°س لا يستطيع جسم

الإنسان المغطى بالملابس التخلص من الحرارة الزائدة بصورة متناسبة مع معدل إنتاجها من الجسم ، ولا تكفى في هذه الحالة الطرق السابقة (التوصيل - الحمل - الإشعاع) لحدوث اتزان حرارى للجسم . وتبقى عملية البخر كوسيلة طبيعية أخيرة لتحقيق التبريد المطلوب للجسم عن طريق التنفس أو إفراز العرق حيث ينتج من تبخره إحساس بالبرودة الناتجة عن امتصاص الحرارة اللازمة للبخر من الجسم . ويعتمد معدل فقد الحرارة بالبخر على الرطوبة النسبية للهواء المحيط ، وسرعة حركته ، حيث يزيد بانخفاض الرطوبة النسبية وزيادة سرعة الهواء.

٢-٢-٢ طريقة التنظيم الحرارى الفسيولوجى للجسم

يتحكم فى عملية التوازن الحرارى للجسم فى مختلف الظروف المناخية جزء من المخ للحفاظ على درجة الحرارة (Thermostat) يعمل كمنظم للحرارة (Hypothalamus) الداخلية للجسم بين ٣٦ - ٣٨ س°. ويتم الإحساس بالحرارة أو البرودة عن طريق الأعصاب المتصلة بمستقبلات الحرارة أو البرودة الموجودة بالجلد.

ويتأثر جلد الإنسان بالأشعة المرئية والأشعة تحت الحمراء أو الأشعة الحرارية حيث يحدث تغيير فى درجة حرارته وسريان الدم للجلد والإحساس بدرجات الحرارة والراحة ، ويحدث أقصى انعكاس للأشعة تحت الحمراء من ٠.٨ إلى ١.٢ ميكرون ويمتص الشخص الأسود حرارة أكثر من الشخص الأبيض ويقل هذا العامل بسبب تأثير الملابس.

وتعرف حالة التوازن الحرارى للجسم بأنها الحالة التى تتساوى فيها الحرارة المفقودة مع الحرارة المكتسبة وذلك من خلال علاقة التبادل الحرارى بين جسم الإنسان وجلده والعناصر المؤثرة المحيطة بهدف الحفاظ على المعدل الثابت لدرجة حرارة الأعضاء الداخلية فى الجسم . ويمكن شرح أسس العملية الديناميكية الحرارية للتبادل

الحرارى بين الإنسان والعناصر المحيطة عن طريق المعادلة العامة للتوازن الحرارى عن (ASHRAE)

$$S = M - W - E + (R+C) \dots\dots\dots (1)$$

حيث

S = معدل التخزين الحرارى أو المعدل الزمنى للتغير الحرارى الذاتى للجسم.

M = معدل الميتابوليزم ويتناسب طردياً مع استهلاك الإنسان للأكسجين

E = معدل الحرارة الكلية المفقودة عن طريق التبخر لسوائل الجسم .

R + C = التبادل الحرارى الجاف مع العناصر المحيطة بواسطة الإشعاع والحمل

W = الشغل الميكانيكى المنجز

ويصل الإنسان إلى حالة التوازن إذا كان التخزين الحرارى S = صفر

١- معدل الميتابوليزم (M)

تتولد الطاقة داخل الجسم بواسطة الأكسدة لمعدل يتكافأ مع الطاقة التى يحتاجها الجسم لتأدية وظائفه ويجب تقدير قيمتها لاختيار الظروف المثلى للراحة والصحة وتبلغ قيمتها فى حالة الراحة حوالى ٤٧ وات/م^٢ من سطح الجسم أو (٨٠٠ ميتابوليك) وتزداد مع زيادة النشاط ويتبين ذلك من الجدول (٢-٢) عن (Olesen) ويمكن للإنسان أن يحتفظ بنسبة ٥٠٪ من أقصى سعة للطاقة لمدة طويلة (وأقصى سعة للطاقة لسن ٢٠ عاماً هي ١٢ ميتابوليك وتقل إلى ٧ ميتابوليك لسن ٧٠ عاماً وتكون للنساء حوالى ٣٠٪

أقل (ASHRAE) كما يزداد معدل ضربات القلب طرديا مع زيادة النشاط، وبالتالي مع زيادة معدل الميتابوليك.

النشاط	ميتابوليك met	وات/م ²
راقدا	٠.٨	٤٧
جالس بهدوء	١.٠	٥٨
عمل جلوسى (مكتب - منزل - معمل - مدرسة)	١.٢	٧٠
واقف براحة	١.٢	٧٠
نشاط قليل الجهد واقف (محل تجارى - معمل - صناعة خفيفة)	١.٨	٩٣
نشاط متوسط الجهد واقف (مساعد محل - عمل منزلى - عمل على ماكينة)	٢.٠	١١٧
نشاط عالى الجهد (عمل على ماكينة ثقيلة - عمل جراحات)	٣.٠	١٧٥

جدول (٢-٢) أمثلة لمعدل الميتابوليك (M) للأنشطة العملية

النشاط	كلو	متر ² كلفن/وات
بدون ملابس	صفر	صفر
شورت	٠.١	٠.٠١٦
ملابس تقليدية لانسان خط الأستواء ملابس داخلية - شورت - قميص مفتوح الياقة بأكمام قصيرة - شراب خفيف وصندل	٠.٣	٠.٠٤٧
ملابس صيفية خفيفة ملابس داخلية - بنطلون خفيف وطويل - قميص مفتوح الياقة بأكمام قصيرة - شراب خفيف - حذاء ملابس للعمل	٠.٥	٠.٠٧٨
ملابس داخلية - قميص قطن للعمل بأكمام طويلة - بنطلون العمل - شراب صوف - حذاء ملابس تقليدية لداخل المسكن شتاء	٠.٨	٠.١٢٤
ملابس داخلية - قميص بأكمام طويلة - بنطلون - سويتر بأكمام طويلة - شراب ثقيل - وحذاء ملابس تقليدية أوربية حله للعمل	١.٠	٠.١٥٥
ملابس داخلية قطنية بأكمام وأرجل طويلة - قميص بدلة كاملة بنطلون وجاكت وصديري - شراب صوف - وحذاء ثقيل	١.٥	٠.٢٣٣

جدول (٢-٢) أمثلة لتقييم درجة عزل الملابس (كلو) لمكونات مختلفة من الملابس

٢- الحرارة المفقودة بواسطة التبخر

تتكون الحرارة المفقودة بالتبخر من:

١- حرارة مفقودة من خلال التنفس (E_{res}).

٢- حرارة مفقودة عن طريق التبخر للرطوبة المنتشرة على الجلد (E_{diff}).

٣- حرارة مفقودة عن طريق العرق (E_{sw}).

٢- الحرارة المفقودة بواسطة التنفس (E_{res})

يتم فقدان الحرارة بسبب الفرق بين درجة حرارة هواء الزفير وهى حوالى ٣٤ مئوية ودرجة حرارة الهواء عن طريق الحمل (C_{res}) و هو قليل بالنسبة للحرارة المفقودة أثناء التنفس بسبب الفرق بين ضغط بخار الماء لهواء الزفير وللحواء الجوى ويمكن الحصول على قيم الحرارة المفقودة كالاتى :

$$C_{res} = 0.0014 M (34 - t_a) \quad W/m^2 \quad (2)$$

$$E_{res} = 1.72 \times 10^{-5} M (5867 - P_a) \quad W/m^2 \quad (3)$$

حيث M = الميتابوليزم وات/م^٢

و P_a = ضغط بخار الماء فى الهواء - باسكال

٤- الحرارة المفقودة بواسطة التبخر للرطوبة الجلد (E_d)

الحرارة المفقودة الناتجة عن تبخر كمية المياه المنتشرة خلال الجلد هى دالة للفرق بين ضغط بخار المياه المشبع عند درجة حرارة الجلد (P_s) وضغط بخار المياه للهواء المحيط (P_a) .

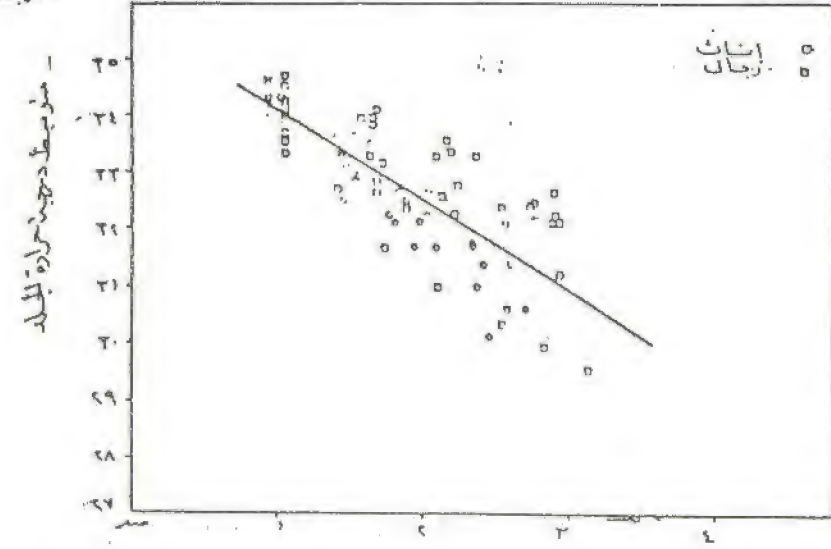
وتفقد هذه الحرارة باستمرار طوال الوقت وبدون التحكم فيها عن طريق المنظم الحرارى بالمخ.

٥- الحرارة المفقودة بواسطة تبخر العرق (E_{sw})

عملية إفراز العرق لتبره من سطح الجلد هى من أهم الطرق التى يلجأ إليها المنظم الحرارى للجسم ليتفادى زيادة درجة الحرارة داخل الجسم نتيجة لارتفاع درجات حرارة الجو وحتى أثناء العمل الشاق حيث تصل الحرارة المفقودة عند أقصى حد من التبخر من العمل الشاق جدا فى المناخ الحار الجاف حتى حوالى ٤٠٠ وات/م^٢ ، ولا يمكن الوصول إلى تقدير دقيق للحرارة المفقودة بسبب تبخر العرق فهى عملية معقدة وغير مفهومة تماماً حتى الآن فمع زيادة إفراز العرق يسقط بعضه دون تبخر ولايزيل أى حرارة من الجسم وفى حالة إفراز العرق بكامل مسطح الجلد تصبح القيمة (E_{diff}) = صفر ولقد أجرى (Fanger, P.O) تجارب معملية على أشخاص مختلفين من الجنسين فى حالة الراحة الحرارية وأمكن اثبات العلاقة بين النشاط (met) ومعدل حرارة الجلد (t_{sk}) وبين النشاط وفقدان العرق (E_{sw}) ويتبين ذلك من الشكل (٢-١٠) والشكل (٢-١١) على التوالى عن (Olesen) حيث يتناسب معدل الميتابوليك طردياً مع الحرارة المفقودة عن طريق التبخر للعرق ويتناسب عكسياً مع معدل درجة حرارة جلد الانسان .

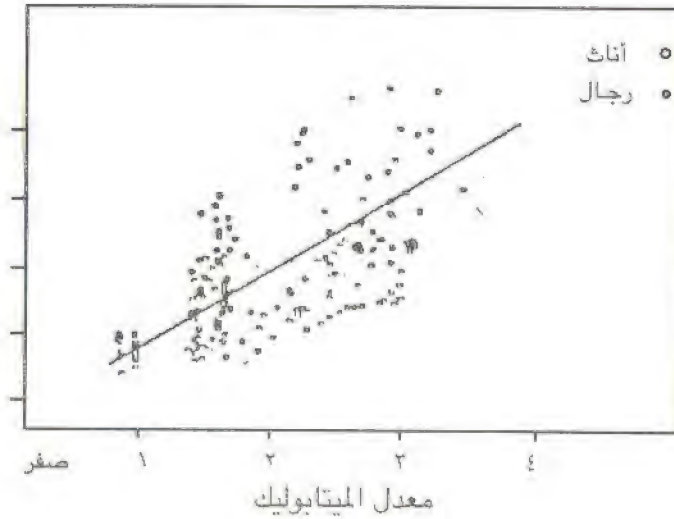
ويوضح الشكل (٢-١٢) التبادل الحرارى لأشخاص بملابس وبدون ملابس عند درجات حرارة معملية مختلفة عن (ASHRAE) كما يوضح الشكل (٢-١٣) عن (Eichler) العلاقة بين الحرارة المفقودة لأشخاص متوسطى الحجم يقومون بعمل خفيف وذلك عن طريق التوصيل والحمل والإشعاع والتبخير ودرجة حرارة الفراغ فى حالة سكون الهواء ، ومع سرعة حتى ١٠٠ م/ث تزداد الحرارة المفقودة بواسطة التبخر.

درجته مئوية



شكل (١٠-٢) معدل درجة حرارة الجلد كدالة لمستوى النشاط لأشخاص في مجال الراحة الحرارية

الحرارة المفقودة بالتبخر



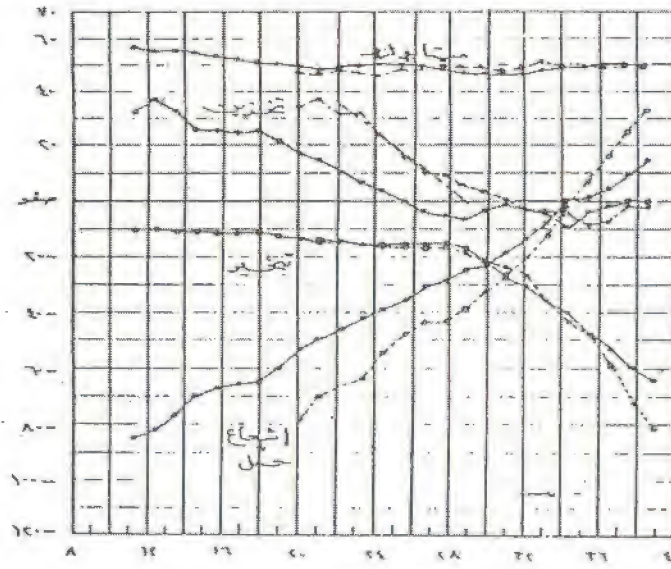
شكل (١١-٢) الحرارة المفقودة بالتبخر كدالة لمستوى النشاط لأشخاص في مجال الراحة الحرارية

كيلو جرام كالورى

متر ٢ ساعة

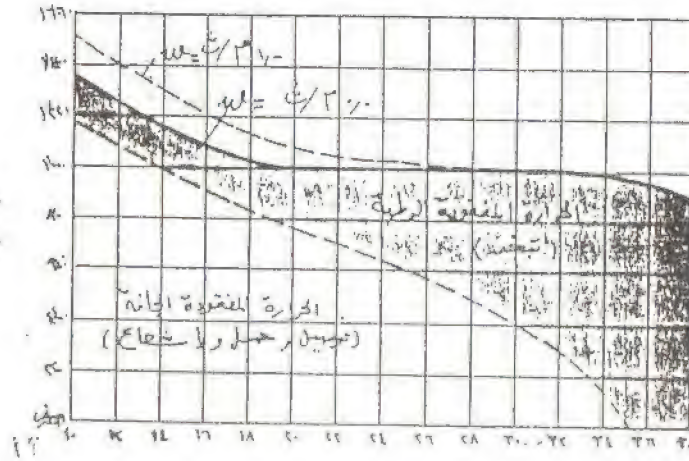
أشخاص
بملابس

أشخاص
بدون ملابس



شكل (١٢-٢) التبادل الحرارى للأشخاص

الحدارة المفقودة
كيلو كالورى
ساعة



شكل (١٣-٢) الحرارة المفقودة وعلاقتها بدرجة حرارة الفراغ

٣-٢-٢ منطقة الراحة الحرارية

تمثل منطقة الراحة الحرارية ، الظروف المناخية التي تتحقق عندها الراحة الحرارية لجسم الإنسان ، ويفترض عند حدوث تلك الراحة وصول النشاط الفسيولوجي لجسم الإنسان اللازم لتنظيم درجة حرارته إلى أقل معدل له حيث تتوفر ظروف الاستقرار الحراري الخارجية في كل من درجة الحرارة الجافة للهواء والرطوبة النسبية . كما يفترض كذلك عدم وجود إشعاع شمسي مباشر مع سكون حركة الهواء .

لتحديد منطقة الراحة الحرارية يجب تعيين درجة الحرارة المريحة

Comfort Temperature (T_c)

بمعلومية المتوسط الشهري لدرجات حرارة الهواء الخارجي المظلل من العلاقة التالية:

$$T_c = 17.6 + 0.3 \times T_o \dots\dots\dots (4)$$

مع مراعاة أن T_c لا تقل عن ١٧.٨ س ولا تزيد عن ٢٩.٥ س .

ويمكن تحديد الحدود القصوى T_{cu} والدنيا T_{cl} بإضافة أو طرح درجتين من T_c ، أى أن:

$$\begin{aligned} T_{cu} &= T_c + 2 \\ T_{cl} &= T_c - 2 \dots\dots\dots (5) \end{aligned}$$

ويحدد مجال الراحة الحرارية Comfort Zone بين الحد الأقصى T_{cu} والحد الأدنى T_{cl} بين رطوبة مطلقة Absolute Humidity ١٢.٤ جم/كجم وتحدد الخطوط الجانبية بخطوط موازية لخط درجة الحرارة المؤثرة

(Standard Effective Temperature) SET.

وعلى أساس التجارب العملية على مجموعة من الأشخاص وضعوا في غرفة تحت

تأثير تلك المؤثرات المناخية مع تبديلها وتغيير قيمها ، تم قياس حدود الراحة للإنسان، وقد وجد بالقياس أن الراحة الحرارية تتحقق للإنسان عندما تتراوح كل من قيمة درجة الحرارة الجافة للهواء من ٢١ إلى ٢٧ س ، وقيمة الرطوبة النسبية من ٢٠ إلى ٧٠٪ وذلك في نفس الوقت. ويجب ملاحظة أن تلك القيم تقريبية ، إلا أنها تناسب غالبية الأشخاص الطبيعيين.

ومع وجود إشعاع شمسي أو حركة للهواء تتغير حدود منطقة الراحة بصورة مركبة يصعب معها دراسة تأثير كل عنصر بمفرده ، حيث يظهر تأثير كل منهم على الآخر في نفس الوقت . وقد ظهرت لذلك العديد من المحاولات لتقييم التأثيرات المتداخلة لتلك المتغيرات على الاستجابة الفسيولوجية والحسية لجسم الإنسان ، وذلك لإخراجها في صورة علاقة مباشرة بين المتغيرات المناخية والراحة الحرارية على مخططات بيانية يسهل التعامل معها .

٤-٢-٢ طرق التقييم المناخي

تعددت طرق التقييم المناخي لتحديد مجال الراحة الحرارية للإنسان وتمثيلها بيانياً، ومن أهم الطرق العالمية للتقييم المناخي:

١- خريطة الراحة الحرارية لأولجياي (Olgyay).

٢- الخريطة السيكرومترية (Psychrometric Chart) لجيفوني (Givoni).

٣- طريقة قياس درجة الحرارة المؤثرة (Effective Temperature ET) .

٤- طريقة معامل الراحة الحرارية (Calidity Factor) .

٥- طريقة الدرجة/يوم - للتدفئة والتبريد

٦- طريقة ايفانز (Evans).

٧- طريقة واتسون (Watson).

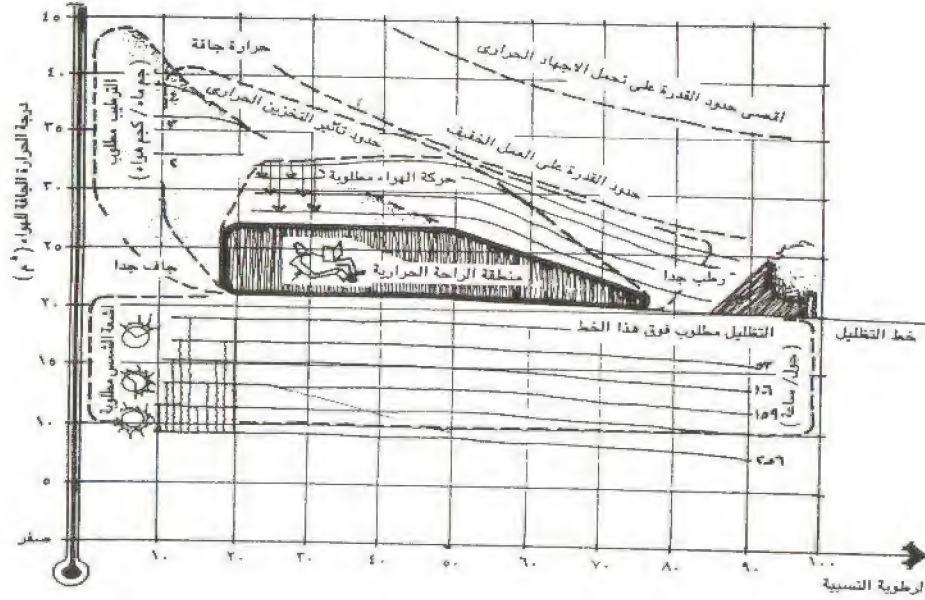
٨- جداول ماهوني للمعالجة المناخية (Mahoney).

ونكتفى هنا فقط بتوضيح طريقة التقييم باستخدام خريطة الراحة الحرارية لأولجياي والخريطة السيكرومترية لاستخدامها لاحقاً في توقيع المجالات البيانات المناخية ، وتوضيح الاحتياجات التصميمية لكل إقليم مناخى تصميمي في مصر ، كما تتعرض الدراسة لجداول ماهوني لاستخدامها في تحديد الأقاليم المناخية ذات الاحتياجات التصميمية المتشابهة في مصر .

٢-٤-٢-١ خريطة الراحة الحرارية لفيكتور أولجياي

يعتبر الأخوان أولجياي أول من قاما بتصميم طريقة منظمة للتقييم المناخى وطرق التحكم فى عناصر المناخ بما يتلاءم مع متطلبات الإنسان من الراحة الحرارية . وتعتمد هذه الطريقة على تمثيل منطقة الراحة الحرارية على خريطة بيانية بمعلومية كل من درجة الحرارة الجافة للهواء ، والرطوبة النسبية كما يوضح شكل (٢-١٤) وتقع هذه المنطقة بين درجتى حرارة جافة (٢١-٢٧س) ورطوبة نسبية (٢٠-٧٠٪) . ويفترض عند التمثيل البيانى لمنطقة الراحة الحرارية على الخريطة ، أن يكون الهواء ساكناً ، ولا يتعرض الجسم لأشعة الشمس المباشرة ، ومع حدوث حركة للهواء أو التعرض لأشعة حرارية أو تعديل رطوبة الهواء ، يتسع مجال منطقة الراحة على الخريطة ، حيث يتسع جهة أعلى اليمين مع حركة الهواء ، ولأعلى اليسار مع ترطيب الهواء ، ولأسفل مع وجود إشعاع شمسي أو حرارى مباشر وتختلف مسافة اتساع منطقة الراحة تبعاً لقيمة كل مؤثر إضافي .

ويوضح الشكل كيفية معالجة عنصر مناخى يصعب التحكم فيه ، بواسطة التحكم فى عنصر آخر . فعند وقوع النقطة الممثلة لدرجة الحرارة الجافة للهواء والرطوبة النسبية



شكل (٢-١٤) خريطة الراحة الحرارية لأولجياي وحدود تأثير وسائل التحكم المناخى بها

أعلى منطقة الراحة، يمكن تحقيق الراحة الحرارية بتحريك الهواء بسرعة يمكن تحديد قيمتها من الخطوط الموازية للحد العلوى لمنطقة الراحة الحرارية على الخريطة.

وعند وقوع النقاط الممثلة للمناخ فى المجال البارد أسفل منطقة الراحة ، يمكن تحقيق الراحة عن طريق السماح بتواجد إشعاع يتم تحديد قيمته من الخطوط الموازية للحد السفلى لمنطقة الراحة الحرارية . وبالمثل يمكن تحقيق الراحة الحرارية بترطيب الهواء ، عند وقوع النقاط الممثلة للمناخ فى المجال الحار الجاف على خريطة الراحة .

كما تظهر فى خريطة الراحة حدود تأثير وسائل التحكم المناخى المختلفة لتحقيق الراحة الحرارية المطلوبة . ويمكن اعتبار حدود تأثير وسائل التحكم المناخى ، امتداداً لمنطقة الراحة الحرارية عند تنفيذ تلك الوسائل كل منها داخل مجال تأثيره على الراحة

الحرارية - وعادة ما تكون تلك الوسائل سلبية مثل التهوية أو الترطيب أو التخزين الحرارى أو التدفئة بالإشعاع . أما خارج هذه الحدود فيجب استخدام وسائل ميكانيكية سواء للتبريد أو التدفئة أو ترطيب أو تجفيف الهواء .

٢-٤-٢-٢ الخريطة السيكرومترية

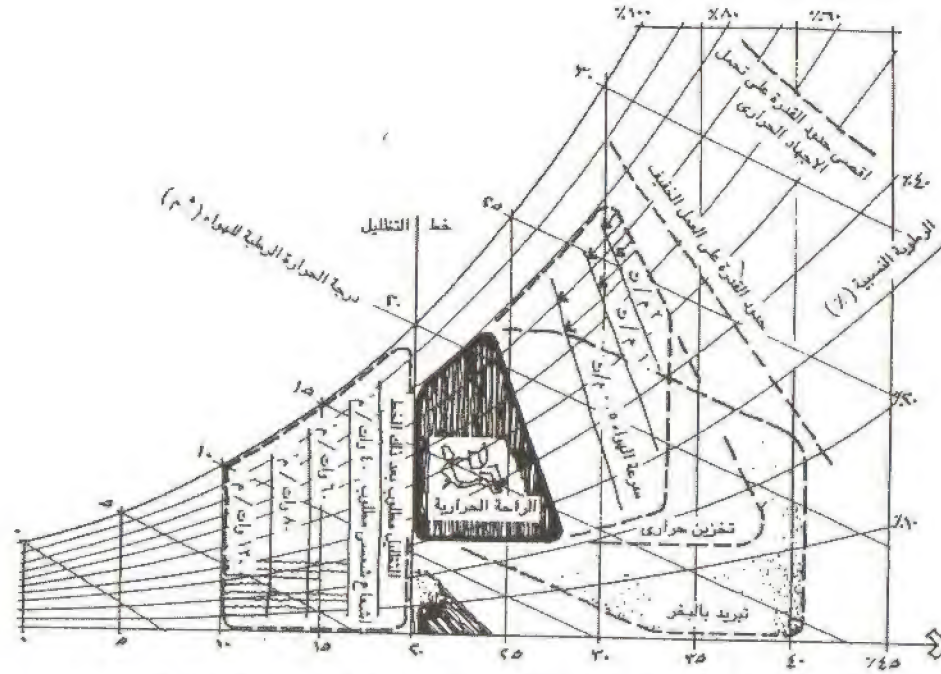
توضح الخريطة السيكرومترية لـجيفوني (Givoni) العلاقة بين درجة الحرارة الجافة ودرجة الحرارة الرطبة للهواء ودرجة الحرارة المؤثرة ، وذلك عندما تتساوى درجة الحرارة الجافة مع متوسط درجة حرارة الإشعاع . ويمكن تمثيل منطقة الراحة الحرارية على الخريطة السيكرومترية الموضحة بالشكل (٢-١٥) بمعلومية كل من درجة الحرارة الجافة للهواء والتي يجب ألا تقل عن ٢٠س° ودرجة حرارة مؤثرة (ET) لا تزيد عن ٢٥س° . كما يجب ألا تزيد الرطوبة النسبية عن ٨٠٪ وألا يقل ضغط البخار عن ٦٥٦ ملليبار^(١) (mb) وتعادل تقريباً رطوبة نسبية قدرها ٢٥٪ فى هذه المنطقة.

كما يوضح الشكل (٢-١٥) المجالات البيومناخية للخريطة السيكرومترية ، ووسائل التحكم المناخى المناسبة لكل جزء منها سواء كان ذلك سلبياً أو ميكانيكياً بهدف الوصول إلى مجال الراحة الحرارية المطلوبة.

وبتوقيع الأشكال السيكرومترية لمعدلات درجات الحرارة والرطوبة العظمى والصغرى لأى موقع ما عليها ، يمكن تحديد عدد (الأشهر/سنة) المطلوب خلالها تحقيق الراحة الحرارية بكل وسيلة تحكم مناخى.

ويلاحظ التشابه بين الخريطة السيكرومترية وخريطة أولجياى من حيث تماثل العوامل المناخية المحددة للتقييم المناخى على الخريطين (درجة الحرارة الجافة للهواء والرطوبة النسبية) كما تتشابه مناطق المجالات البيومناخية بالنسبة لمنطقة الراحة وتتشابه أيضاً وسائل التحكم الشمسى). ويظهر الاختلاف فقط فى وضع وشكل التمثيل البيانى للعوامل المناخية.

(١) المليبار : وحدة قياس للضغط الجوى



شكل (٢-١٥) الخريطة السيكرومترية وحدود تأثير وسائل التحكم المناخى بها

٢-٤-٢-٣ جداول ماهونى للمعالجة المناخية

تستخدم جداول ماهونى كدليل للتصميم المناخى باستخدام البيانات المناخية المتاحة فى أى منطقة وباستخدام تلك الجداول بالتتابع بدءاً بالبيانات المناخية الأولية ، يمكن الوصول إلى شكل المواصفات التصميمية المناسبة لمرحلة التصميم بالكرويكات الأولية لشكل الموقع العام والمسافة بين المباني وحركة الهواء والفتحات والحوائط والأسقف وتحديد الحاجة إلى النوم فى الهواء الطلق أو الحماية من الأمطار . ويتطلب ذلك التحليل استخدام أربعة جداول على التوالى ، حيث يتم فى الأول تسجيل العناصر المناخية الأساسية الممثلة للمنطقة المختارة . وفى الجدول الثانى يتم تشخيص طبيعة الإجهاد الحرارى ، والمدى الزمنى بالشهور التى تحتاج إلى تحكم حرارى خاص

بواسطة المؤشرات ، وفي الجدولين الثالث والرابع ، يتم فحص ومراجعة هذه المؤشرات ، وإيجاد العلاقة فيما بينها ، لمعرفة المتطلبات الخاصة بالمعالجة المناخية. وقد تم استخدام هذه الجداول في تحديد الأقاليم المناخية ذات المتطلبات التصميمية المناخية المتشابهة في مصر .

٣-٢ تقسيم الأقاليم المناخية في مصر

يمكن دراسة عناصر المناخ في مصر من خلال بيانات محطات الأرصاد الجوية المنتشرة في أنحاء مصر ويبلغ عددها ٤٥ محطة . ومن خلال تلك البيانات ، يمكن الربط بين التأثيرات المشتركة للحرارة والرطوبة والرياح والأمطار على الراحة الفسيولوجية للإنسان ، وبين متطلبات التصميم المعماري للمعالجات المناخية .

ويقصد بالإقليم المناخي التصميمي ، هو ذلك الإقليم الذي تتشابه فيه متطلبات التصميم المعماري المناخي ، ويساعد تصنيف الأقاليم المناخية في مصر تبعاً للمتطلبات التصميمية ، على سهولة وسرعة التعرف على الملامح المميزة لشكل وتصميم المنشأ الملائم لكل إقليم بصورة تقريبية .

٣-٢-١ استخدام جداول ماهوني في تقسيم الأقاليم المناخية التصميمية

تم اختيار طريقة جداول ماهوني في هذا الدليل كوسيلة لتصنيف الأقاليم المناخية التصميمية في مصر ، لما تتميز به تلك الطريقة عن غيرها من طرق التقييم المناخي ، في أنها تصلح أساساً لأنماط المناخ المركب والحر الجاف والحر الرطب .

وتعتمد طريقة ماهوني على تحديد المؤشرات أو المتطلبات التصميمية المناخية المتباينة خلال فصول السنة . وتنقسم المتطلبات إلى مجموعتين رئيسيتين هما :

المجموعة الأولى : تخص المناخ الحار الرطب (ر)

المجموعة الثانية : تخص المناخ الحار الجاف (ح)

ويوضح جدول (٤-٢) المتطلبات التصميمية المناخية

المتطلبات تصميمية المناخية	الأجهاد الحرارى	سقوط الأمطار	الرطوبة النسبية	المدى الحرارى اليومى
مناخ حار رطب (١) حركة الهواء ، ضرورة	حار نهاري (متوسط درجة الحرارة العظمى أكبر من الحد الأقصى للراحة الحرارية (٢٧م) .		٧٠٪ فأكثر	
(٢) حركة الهواء ، مرغوب فيها (٣) الحماية من المطر ضرورة	شديد الحرارة نهاري (متوسط درجة الحرارة العظمى أكبر من الحد الأقصى للراحة الحرارية) تتراوح من ٢٩ - ٣١ معتدل نهاري (متوسط درجة الحرارة العظمى تقع بين مدى الراحة الحرارية (٢٢-٢٧م)		٣٠ - ٧٠٪	يزيد عن ١٠م
مناخ حار جاف (ح) (١ح) التخزين الحرارى المطلوب (٢ح) النوم في الهواء الطلق مفضل	حار ليلاً (متوسط درجة الحرارة الصغرى أكبر من الحد الأقصى للراحة الحرارية (٢٥م)		أقل من ٧٠٪	يزيد عن ١٠م
(٣ح) الحماية من البرد مطلوبة	حار نهاري (متوسط درجة الحرارة العظمى) أكبر من الحد الأقصى للراحة الحرارية (٣٤م) ومريح ليلاً (متوسط درجة الحرارة الصغرى بين ١٧-٢٥م) مع ارتفاع درجة الحرارة داخل المباني بسبب التخزين الحرارى الكبير.		أقل من ٥٠٪	يزيد عن ١٠م
	بارد نهاري (متوسط درجة الحرارة العظمى أقل من ٢٢م) ومتوسط درجة الحرارة الصغرى أقل من ١٧م.			

جدول (٤-٢) المتطلبات التصميمية المناخية

٢-٢-٢ تحديد الأقاليم الناحية التصميمية في مصر

بتطبيق جداول ماهوني على بيانات محطات الأرصاد الجوية بمصر أمكن تحديد الأقاليم المناخية ذات الاحتياجات المتشابهة ، كما يتضح من الجدول (٢-٥).

ويلاحظ أنه في المجموعة الأولى تكون التهوية الطبيعية ضرورية لفترة تتراوح من أقل من شهر إلى أربعة أشهر ، بالإضافة إلى أن التهوية تكون مرغوبة بها لفترة ثلاثة شهور أخرى من العام ، ويكون التخزين الحراري مطلوب لفترة تتراوح من أقل من شهر واحد إلى تسعة أشهر ، أما المجموعة الثانية فتكون التهوية الطبيعية ضرورية فيها لفترة من أربعة إلى سبعة أشهر في العام ، ويكون التخزين الحراري مطلوب لفترة تتراوح من أقل من شهر واحد إلى خمسة أشهر .

أما في المجموعات الأربعة الأخرى فلا يوجد احتياج ضروري إلى التهوية طوال العام ، ولكن هناك احتياج شديد إلى التخزين الحراري طوال شهور العام . وقد كان الفصل بين الأقاليم المناخية داخل ذلك المجال يتركز على الفروق في فترة الحاجة للنوم الخارجي والحماية من البرد ، فالمجموعة الثالثة لا تحتاج مطلقا للنوم الخارجي ، بينما المجموعات الرابعة والخامسة والسادسة تحتاج إليه نحو شهرين وأربعة أشهر وسبعة أشهر فأكثر على التوالي .

وبالرغم من أن عامل الحماية من المطر لا يلعب دوراً في التقسيم المناخي التصميمي لمصر ، إلا أنه يجب مراعاة احتمالات سقوط الأمطار بكميات كبيرة خلال فترات قصيرة في بعض المناطق . ولذا يجب معرفة أقصى كمية أمطار سقطت خلال مدة ٢٤ ساعة متصلة ، مراعاة ذلك عند تصميم طرق صرف مياه الأمطار من سطح المنشآت في هذه الحالات الخاصة ، والتي لا تظهر في قيمة المتوسط السنوي للأمطار .

ويوضح شكل (٢-١٦) الأقاليم المناخية التصميمية على خريطة مصر مع ملاحظة أنه لا يمكن تمييز حدود واضحة تفصل بين الأقاليم، ولكن هناك تداخل بين حدودها.

٢٤	٢٣	٢٢	٢١	٢٠	١٩	اسم المحطة	الإقليم المناخي التصميمي	
عدد شهور الحاجة إلى المتطلبات التصميمية المناخية/سنة								
٤	٠	٥	٠	٠	٢	السلوم	إقليم ساحل البحر المتوسط	
٤	٠	١	٠	٠	٤	سيدي بران		
٤	٠	٦	٠	٠	٣	مري مطروح		
٤	٠	٧	٠	٠	٣	الضبعة		
٢	٠	١	٠	٢	٤	الاسكندرية		
٣	٠	٠	٠	١	٤	دمياط		
٤	٠	٠	٠	٣	٤	بورسعيد		
٢	٠	٩	٠	٠	٣	العريش		
٢	٠	٧	٠	٢	١	السرو		
٣	٠	٨	٠	١	٠	سخا	إقليم ساحل البحر الأحمر	
١	٠	٨	٠	٢	١	جيزة		
٣	١	٥	٠	٠	٤	الغردقة		
١	٠	٠	٠	٠	٦	القصر		
٠	٠	٠	٠	٠	٧	أبو كيزان		
٤	٠	١٢	٠	٠	٠	أدقينا		الإقليم شبه المتوسط
٣	٠	١٢	٠	٠	٠	المنصورة		
٤	٠	١٢	٠	٠	٠	دمهور		
٣	٠	١٢	٠	٠	٠	طنطا		
٣	٠	١٢	٠	٠	٠	شين الكوم		
٣	٠	١٠	٠	٠	٠	الزقازيق	الإقليم شبه الصحراوي	
٣	١	١٢	٠	٠	٠	وادي النطرون		
٣	٠	١٢	٠	٠	٠	فايد		
٤	٢	١٢	٠	٠	٠	الاسماعيلية		
٣	٢	١٢	٠	٠	٠	القاهرة		
٣	٢	١٢	٠	٠	٠	الجيزة		
٣	٢	١٢	٠	٠	٠	السويس		
٢	٠	١١	٠	٠	١	الطور	الإقليم الصحراوي	
٤	٤	١١	٠	٠	٠	حلوان		
٣	٠	١٢	٠	٠	٠	شكشوك		
٣	٤	١٢	٠	٠	٠	الفيوم		
٣	٣	١٢	٠	٠	٠	بنى سويف		
٥	٥	٨	٠	٠	٠	سان أنطون		
٣	٣	١٢	٠	٠	٠	المنيا		
٠	١	١١	٠	١	٠	ملوي		
٣	٥	١٢	٠	٠	٠	أسيوط		
١	٤	١٢	٠	٠	٠	شندويل		
١	٥	١٢	٠	٠	٠	تجمع حمادى		
١	٦	١٢	٠	٠	٠	قنا		
٠	٦	١٢	٠	٠	٠	الأقصر		
٣	٢	١٢	٠	٠	٠	سيوه		
٣	٤	١٢	٠	٠	٠	البحرية		
٣	٥	١٢	٠	٠	٠	الغرافة		
٣	٤	١٢	٠	٠	٠	الداخله		
٢	٦	١٢	٠	٠	٠	الخارجة		
١	٧	١٢	٠	٠	٠	أسوان	الإقليم الصحراوي شديد الجفاف	

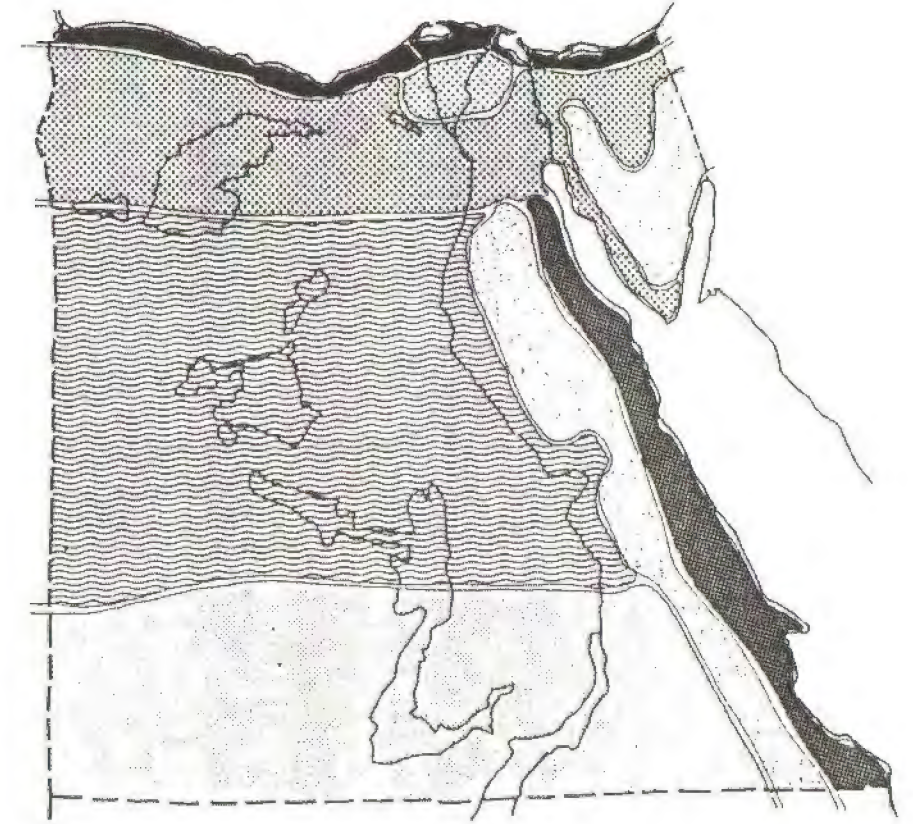
جدول (٥-٢) الأقاليم المناخية التصميمية، تبعا لنتائج تطبيق جداول ماهوني على البيانات المناخية في ٤٥ محطة أرصاد جوية بمصر سنة ١٩٦٠م

٢-٢-١ إقليم ساحل البحر المتوسط

يشمل إقليم ساحل البحر المتوسط كافة مدن الساحل الشمالى من السلوم غربا إلى العريش شرقا ويتسع الشريط الساحلى عند الدلتا ليشمل مدن سخا والسرو وجميزة، ويتميز هذا الإقليم كما يوضح جدول (٢-٦) بضرورة التهوية الطبيعية بمعدل ٢.٦ شهر/سنة، بالإضافة إلى الرغبة فى التهوية لمدة شهر آخر. ويكون الاحتياج إلى التخزين الحرارى بمعدل ٤.٧ شهر/سنة والحاجة إلى الحماية من البرد بمعدل ٣ أشهر/سنة.

عدد شهور الحاجة إلى المتطلبات التصميمية المناخية/سنة						اسم المحطة
تهوية ضرورية	تهوية مرغوبة	حماية من الأمطار	تخزين حرارى	نوم فى الخارج	حماية من البرد	
■	■	■	■	■	■	السلوم
■	■	■	■	■	■	سيدى برانى
■	■	■	■	■	■	مرسى مطروح
■	■	■	■	■	■	الضبعة
■	■	■	■	■	■	الاسكندرية
■	■	■	■	■	■	دمياط
■	■	■	■	■	■	بورسعيد
■	■	■	■	■	■	العريش
■	■	■	■	■	■	السرو
■	■	■	■	■	■	سخا
■	■	■	■	■	■	جيزة
٢,٦	١	٠	٤,٧	حد أدنى	٣	المتوسط السنوى

جدول (٢-٦) متطلبات التصميم المناخى لإقليم ساحل البحر المتوسط



- إقليم ساحل البحر المتوسط
- ▨ إقليم ساحل البحر الأحمر
- ▤ الإقليم شبه المتوسط
- ▥ الإقليم شبه الصحراوى
- ▧ الإقليم الصحراوى
- ▩ الإقليم الصحراوى شديد الجفاف
- مناطق مرتفعة بالصحراء الشرقية وشبه جزيرة سيناء يختلف مناخها كليا عن الأقاليم السابقة.

شكل (٢-١٦) الأقاليم المناخية التصميمية فى مصر

٣-٢-٣-٢ الإقليم شبه المتوسط

يشمل الإقليم شبه المتوسط منطقة الدلتا ويتميز بزيادة الحاجة إلى التخزين الحرارى بمعدل ١١.٧ شهر/سنة ، كما يتميز بامتداد فترة البرودة إذ يبلغ المتوسط السنوى لعدد الأشهر التى تتطلب الحماية من البرد ٣.٣ شهر/سنة ، وهو أعلى متوسط سنوى للأقاليم . ويوضح ذلك جدول (٨-٢).

يعتبر تأثير نهر النيل وأفرعه كمسطح مائى ممتد، على درجات الحرارة محدوداً، محلياً ولكنه محسوس من حيث أن يلطف من شدة الحرارة نوعاً ما . وبدراسة البيانات المناخية فى هذا الإقليم وتوزيع المجالات البيومناخية المؤثرة على راحة الإنسان فيه، يتبين التشابه التابع بين الإقليم شبه المتوسط وإقليم ساحل البحر المتوسط . ويبدو الفارق الأساسى وهو امتداد المجال شديد البرودة فى لياالى الشتاء إلى أربعة أشهر بدلاً من شهرين فقط فى إقليم ساحل البحر المتوسط.

إسم المحطة	عدد شهور الحاجة إلى المتطلبات التصميمية المناخية/سنة				
	تهوية ضرورية	تهوية مرغوبة	حماية من الأمطار	تخزين حرارى	نوم فى الخارج
أدقينا					
المنصورة					
دمنهو					
طنطا					
شبين الكوم					
الزقازيق					
المتوسط السنوى				١١.٧	٣.٣ حد

جدول (٨-٢) متطلبات التصميم المناخى للإقليم شبه المتوسط

٤-٢-٣-٢ الإقليم شبه الصحراوى

يقع الإقليم شبه الصحراوى مباشرة فى جنوب الدلتا وجنوب إقليم ساحل البحر المتوسط ويمتد حتى الساحل الجنوبى لسيناء عند منطقة الطور. ويحتاج هذا الإقليم إلى تخزين حرارى بمعدل ١١.٩ شهر/سنة بجانب الاحتياج إلى النوم فى الخارج بمعدل ١.٣ شهر/سنة، كما تقل برودة هذا الإقليم عن الإقليم شبه المتوسط، إذ يبلغ معدل الشهور التى تحتاج إلى الحماية من البرد ٣ أشهر/سنة، ويوضح ذلك جدول (٩-٢). ويمثل هذا الإقليم منطقة انتقالية بين الإقليمين شبه المتوسط والصحراوى، فهو يجمع بين شدة الحرارة صيفاً والاعتدال فى البرودة شتاءً. وتقع أشهر الصيف فى المجال شديد الحرارة وتصل درجات الحرارة العظمى به إلى ٣٦.٥ س°. وفى أشهر الشتاء لاتقل متوسطات درجة الحرارة الصغرى عن ١٠ س°، ويعتبر ذلك المعدل دافئاً بالنسبة للإقليم شبه المتوسط.

إسم المحطة	عدد شهور الحاجة إلى المتطلبات التصميمية المناخية/سنة				
	تهوية ضرورية	تهوية مرغوبة	حماية من الأمطار	تخزين حرارى	نوم فى الخارج
وادي النطرون					
القاهرة					
الجيزة					
هايد					
الاسماعيلية					
السويس					
الطور					
المتوسط السنوى				١١.٩	١.٣

جدول (٩-٢) متطلبات التصميم المناخى للأقليم شبه الصحراوى

٢-٢-٥ الأقليم الصحراوي

يشمل جنوب الوادي ابتداء من الفيوم والصحراء الغربية شاملاً الواحات ويتميز هذا الإقليم بزيادة فترة الاحتياج للتخزين الحراري بمعدل ١١.٦ شهر/سنة، كما تزيد الحاجة إلى النوم في الهواء الطلق عنه في الأقاليم السابقة. ويقل هذا الإقليم برودة عنهم، حيث يقل المتوسط السنوي للاحتياج للحماية من البرد إلى ٢.٤ شهر/سنة. ويوضح ذلك الجدول (٢-١٠).

ويعتبر هذا الإقليم من أكبر أقاليم مصر مساحة ويشكل الإقليم المناخي التصميمي الغالب بها، ويتصف هذا الإقليم بخاصية مميزة وهي القارية حيث الحرارة الشديدة صيفاً والبرودة الشديدة شتاءً وقد يصل المدى الحراري الفصلي أو اليومي في هذا الإقليم إلى أكثر من ٢٠ س° وتزيد هذه القيمة كلما اتجهنا جنوباً.

وتتخفف قيمة النهاية الصغرى لدرجات الحرارة شتاءً لتصل ليلاً إلى ٥ س°، ويساعد على ذلك ويضاعف منه صفاء السماء وقلة السحب ليلاً مما يساعد على حدوث الفقد الحراري بالإشعاع ليلاً حيث يفقد سطح الأرض كمية كبيرة من الحرارة المخزنة به خلال ساعات النهار. كما تتخفف الرطوبة النسبية عامة ولكنها أعلى في الشتاء عنها في الصيف وذلك على عكس إقليم ساحل البحر المتوسط.

إسم المحطة	عدد شهور الحاجة إلى المتطلبات التصميمية المناخية/سنة					
	تهوية ضرورية	تهوية مرغوبة	حماية من الأمطار	تخزين حراري	نوم في الخارج	حماية من البرد
حلوان						
شكشوك						
الفيوم						
بنى سويف						
المنيا						
ملوى						
أسيوط						
شندويل						
نجع حمادى						
قنا						
الأقصر						
سيوه						
البحرية						
الغرافرة						
الداخلة						
الخارجة						
سان أنطون						
المتوسط السنوى		١١,٦	٢,٤	٤,١		

جدول (٢-١٠) متطلبات التصميم المناخي للأقليم الصحراوي

٢-٣-٦-٢ الإقليم الصحراوي شديد الجفاف

يتضمن الإقليم الصحراوي شديد الجفاف منطقة أسوان والسد العالي وبحيرة ناصر حتى الحدود الجنوبية لمصر ويتميز هذا الإقليم بأكبر معدل للاحتياج للتخزين الحراري ويصل إلى ١٢ شهر/سنة، وكذلك أكبر معدل سنوي للاحتياج للنوم في الهواء الطلق، ويصل إلى ٧ أشهر/سنة، كما أن هذا الإقليم هو أكثر الأقاليم دفئاً، حيث لا يحتاج للحماية من البرد سوى شهر واحد في السنة وهو أقل معدل للحماية من البرد في مصر جدول (٢-١١). ويتميز الجزء الجنوبي من أرض مصر بأوضاعه المناخية المدارية، حيث يبدأ الصيف به مبكراً ويتأخر كلما اتجهنا شمالاً، فرغم أن أعلى الشهور حرارة في الجزء الأكبر من مصر وهو يوليو، يلاحظ أنه يكون هو شهر يونيو في أقصى الجنوب. ويتميز هذا الإقليم بشدة الجفاف، حيث تنعدم الأمطار كلياً ولا تتجاوز معدلات الرطوبة النسبية ٢٠٪ صيفاً و٤٠٪ شتاءً.

ويعتبر الإقليم الصحراوي شديد الجفاف، هو قطب الحرارة صيفاً، حيث تقع فيه خمسة أشهر ابتداء من شهر مايو إلى سبتمبر، في المجال شديد الحرارة، حيث تتراوح متوسطات درجات الحرارة بها نهائياً بين ٤٠-٤٢ س° بينما تكون ليلاً بين ٢٤-٢٦ س°. وبجانب ذلك، يقع شهر ابريل وأكتوبر في المجال الحار الجاف، حيث تتراوح متوسطات درجات الحرارة بهما نهائياً بين ٣٦، ٣٧ س°، بينما تكون ليلاً بين ١٨.٥ - ٢١.٥ س°، وتتراوح معدلات الرطوبة خلال اليوم بين ٢١، ٣٠٪. وترجع سيطرة المجال الحار وشديد الحرارة على هذا الإقليم إلى ارتفاع زاوية أشعة الشمس وطول ساعات النهار مع صفاء السماء وخلوها من السحب. ويقتصر مجال الراحة في هذا الإقليم على شهرى مارس ونوفمبر، بينما تقع شهور ديسمبر ويناير وفبراير في المجال البارد. وقد تتطرف ليالى شهر يناير إلى المجال شديد البرودة. ومع ذلك يلاحظ أن هذا الإقليم عموماً يتصف بالدفء النسبي شتاءً خاصة في الليل حيث لا تنخفض متوسطات درجات الحرارة الصغرى عن ٩.٥ في يناير وهو أبرد الشهور على الإطلاق في هذه المنطقة.

ويبلغ المدى الحراري اليومي أقصاه في هذا الإقليم، فيتراوح بين ١٥، ١٩ س°، مما يجعل حرارة الصيف محتملة بفضل فترة الليل التي تبرد وتلطف كثيراً وتعوض حر النهار اللافتح. ويزيد المدى الحراري اليومي في الصيف عن الشتاء.

إسم المحطة	عدد شهور الحاجة إلى المتطلبات التصميمية المناخية/سنة				
	تهوية ضرورية	تهوية مرغوبة	حماية من الأمطار	تخزين حراري	نوم في الخارج
أسوان					
المتوسط السنوي	٥,٧ حد أقصى	.	.	١,٧ حد أدنى	٠,٣

جدول (٢-١١) متطلبات التصميم المناخي للإقليم الصحراوي شديد الجفاف

٢-٢-٣ المجالات البيومناخية للأقاليم التصميمية

تستخدم خريطة الراحة الحرارية لأولجياى لتحليل مناخ كل إقليم تصميمى. ويتوقع المتوسط الشهرى لدرجات الحرارة العظمى والصغرى مع المعدلات الشهرية العظمى والصغرى للرطوبة النسبية، على خريطة الراحة الحرارية، يمكن تحديد توزيعات أشهر السنة على مختلف المجالات البيومناخية لمجموعة من المدن التى تمثل الأقاليم التصميمية المناخية فى مصر. ويوضح جدول (٢-١٢) توزيع عدد أشهر على المجالات البيومناخية المختلفة بالنسبة للأقاليم المناخية فى مصر وبدراسة الرسومات البيومناخية يتضح ما يلى :-

- يزداد المدى الحرارى اليومى كلما اتجهنا من شمال القطر الساحلى إلى جنوبه.

- يسود المجال البارد فى فترة الليل لمدة تتراوح بين ٦-٨ أشهر/سنة، وذلك فى مختلف الأقاليم ولكن تختلف هذه الأشهر من إقليم إلى آخر. أما المجال شديد البرودة، فهو يوجد فقط فى لياالى أشهر الشتاء فى الإقليم شبه المتوسط والإقليم الصحراوى.

- تمثل فترة وقوع مناخ إقليم ساحل البحر الأحمر فى مجال الراحة الحرارية ٥٠٪ من فترات السنة سواء نهاراً أو ليلاً، كما يتمثل مجال الراحة الحرارية فى الإقليم الصحراوى شديد الجفاف فى فترة النهار لأشهر الشتاء الثلاثة وفى فترة الليل فى أشهر الصيف التى قد تصل إلى ستة أشهر.

- يسود المناخ الحار الرطب فى إقليم ساحل البحر المتوسط وشبه المتوسط وإقليم البحر الأحمر نهاراً لمدة ستة أشهر من مايو إلى أكتوبر، ويمتد أيضاً إلى فترة الليل فى أشهر الصيف بالنسبة لإقليمى ساحل البحر المتوسط وشبه المتوسط.

- يسود المناخ الحار الجاف فى الأقاليم الصحراوية فى شهرى إبريل ومايو ويمتد فى منطقة الجنوب حيث الجفاف الشديد إلى شهرى مارس ونوفمبر ويمثل المجال شديد الحرارة ٥٠٪ من أشهر العام نهاراً فى الإقليمين الصحراوى والصحراوى شديد الجفاف.

عدد شهور المجالات البيومناخية/سنة						الإقليم المناخى	
المجال شديد الحرارة	المجال الحار الجاف	المجال الحار الرطب	مجال الراحة الحرارية	المجال البارد	المجال شديد البرودة		
		٦	٣	٣		نهار	ساحل البحر المتوسط
					١	ليل	
		٦	٥	١		نهار	ساحل البحر الأحمر
			١	١		ليل	
		٥	٤	٣		نهار	شبه المتوسط
					٣	ليل	
٣	٢	٢	٣	٣		نهار	شبه الصحراوى
			١			ليل	
٥	٢		٤	٢		نهار	الصحراوى
				١		ليل	
٦	٣					نهار	الصحراوى شديد الجفاف
			١			ليل	

جدول (٢-١٢) عدد شهور المجالات البيومناخية التصميمية فى مصر

٤-٣-٢ تحديد وسائل المعالجة المناخية التصميمية المناسبة لأقاليم مصر

يمكن ذلك باستخدام الخريطة السيكرومترية، وتوضيح علاقة الظروف المناخية لمنطقة ما بالنسبة لوسائل المعالجة المناخية المناسبة سواء كانت سلبية أو ميكانيكية، لتحقيق الراحة الحرارية . حيث يمكن مع توقيع البيانات المناخية لمجموعة من المدن التي تمثل الأقاليم المناخية على الخريطة السيكرومترية تحديد الاحتياجات التصميمية لكل إقليم.

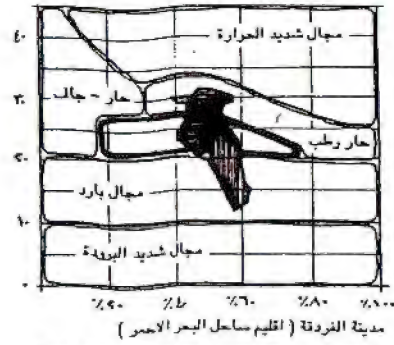
وقد استخدمت قيم المتوسطات الشهرية لدرجات الحرارة العظمى والصغرى ومعدلات الرطوبة العظمى والصغرى، على مدار أشهر السنة لتمثل احتياجات الليل والنهار. ويوضح شكل (٢-١٧) الرسومات البيانية لمناخ مجموعة من المدن تمثل الأقاليم المناخية التصميمية في مصر على شكل السيكرومتري.

وقد تم منها استنتاج الاحتياجات التصميمية لوسائل المعالجات المناخية (سواء كانت سلبية أو ميكانيكية) لكل إقليم ليلاً ونهاراً، ويوضح جدول رقم (٢-١٣) عدد أشهر المعالجات المناخية اللازمة لكل إقليم. وبدراسة الرسومات البيانية بشكل (٢-١٨) والجدول (٢-١٣) يتضح ما يلي :

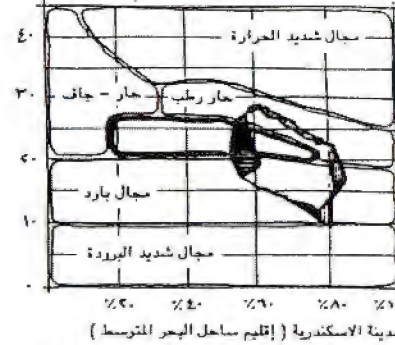
- يحتاج كل من الإقليم شبه المتوسط والصحراوي إلى تدفئة بالوسائل الميكانيكية طوال ليالي الشتاء (لفترة ثلاثة أشهر).

- تحتاج جميع الأقاليم إلى تدفئة بالوسائل السلبية (تخزين حراري) تتراوح بالنسبة لفترة الليل من ٤ - ٨ أشهر. أما بالنسبة لفترة النهار، فيقتصر الاحتياج إلى التدفئة بالطرق السلبية من إقليم ساحل البحر المتوسط وشبه المتوسط الصحراوي لفترة من ١-٤ أشهر.

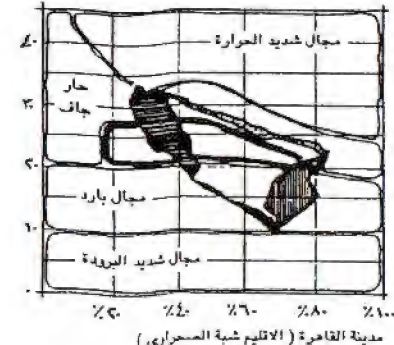
- يعتبر الإقليم الصحراوي هو أشد الأقاليم حرارة، إذ يبلغ عدد الأشهر التي يحتاج فيها إلى تبريد حوالي ١١ شهراً.



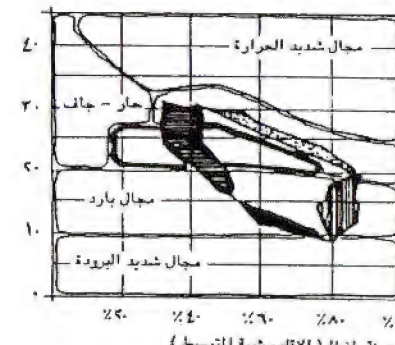
مدينة الفردقة (إقليم ساحل البحر الأحمر)



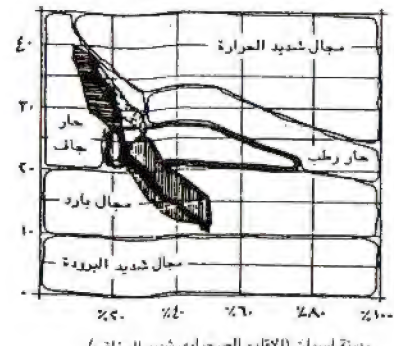
مدينة الإسكندرية (إقليم ساحل البحر المتوسط)



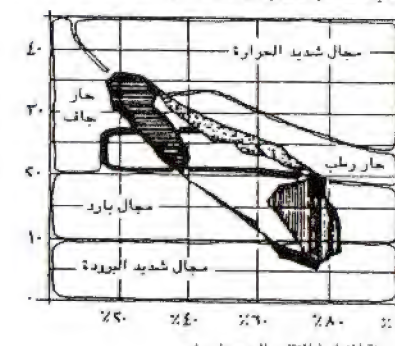
مدينة القاهرة (الإقليم شبه الصحراوي)



مدينة طنطا (الإقليم شبه المتوسط)



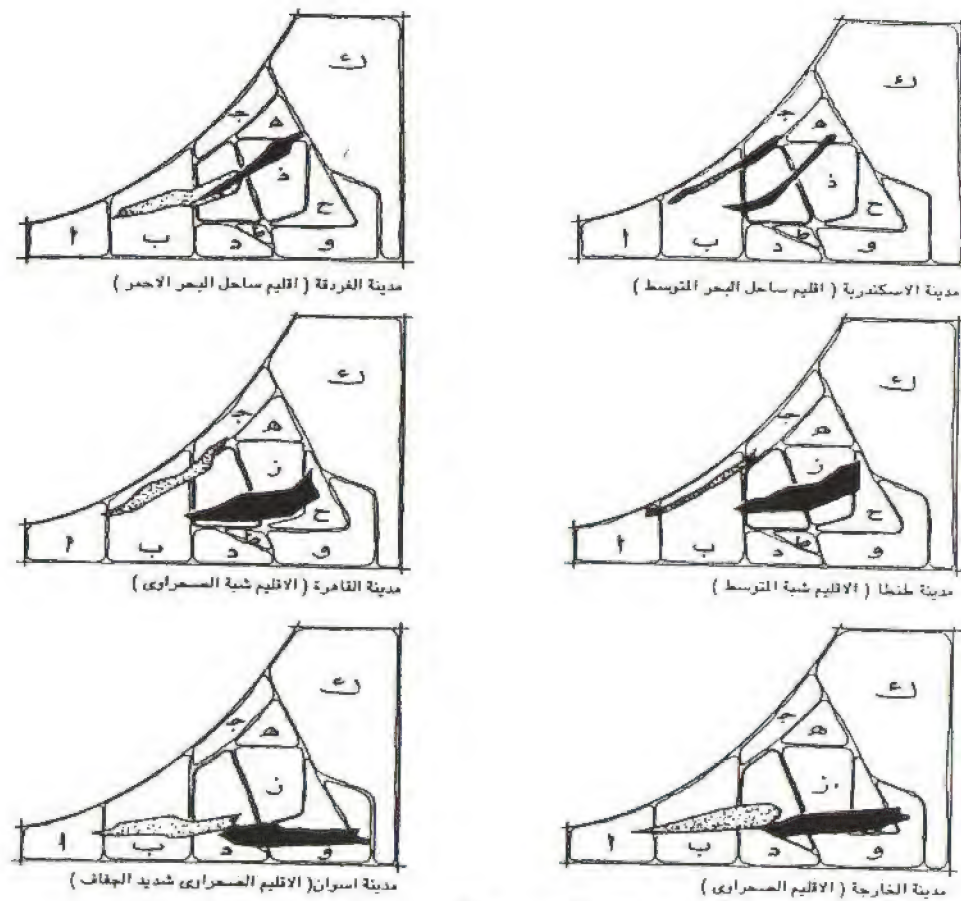
مدينة أسوان (الإقليم الصحراوي شديد الجفاف)



مدينة المنيا (الإقليم الصحراوي)

شكل (٢-١٧) الرسم البيوميثاخي لمجموعة من المدن تمثل الأقاليم المناخية التصميمية في مصر

- توزيع المتوسطات الشهرية لدرجات الحرارة ومعدلات الرطوبة لفترة النهار ، على مدار شهور العام
- توزيع المتوسطات الشهرية لدرجات الحرارة ومعدلات الرطوبة لفترة الليل ، على مدار شهور العام
- توزيع درجات الحرارة ومعدلات الرطوبة لساعات اليوم لشهر أغسطس
- توزيع درجات الحرارة ومعدلات الرطوبة لساعات اليوم لشهر يناير



درجات الحرارة ومعدلات الرطوبة الصغرى (ليلاً).
درجات الحرارة ومعدلات الرطوبة العظمى (نهاراً).
المعالجات المناخية

- أ - تدفئة بالوسائل الميكانيكية.
ب - تدفئة بالوسائل السلبية بأشعة الشمس.
ج - تجفيف وخفض معدل الرطوبة مع الحماية من أشعة الشمس.
د - ترطيب الهواء.
هـ - تهوية طبيعية مع التظليل.
و - تبريد بالبخار مع الحماية من أشعة الشمس بالتظليل.
ز - تبريد بالإشعاع (تخزين حرارى عالى) مع التهوية والتبريد بالبخار.
ح - تبريد بالإشعاع (تخزين حرارى متوسط) مع التهوية والتبريد بالبخار.
ط - الحماية من أشعة الشمس بالتظليل.
ك - التبريد بالطرق الميكانيكية (تكييف هواء تقليدى).

شكل (١٨-٢) الرسم البياني لمناخ مجموعة من المدن تمثل الأقاليم المناخية التصميمية فى مصر

المعالجات المناخية										الراحة الحرارية	الإقليم المناخى
وسائل التبريد					وسائل التدفئة		تجفيف	ترطيب	تهوية		
و	ز	ح	ط	ك	أ	ب						ج	د	هـ
										٣	ساحل البحر المتوسط
											نهار
											ليل
										٥	ساحل البحر الأحمر
											نهار
										٣	ليل
										٤	شبه المتوسط
											نهار
											ليل
										٤	شبه الصحراوى
											نهار
											ليل
										١	الصحراوى
											نهار
										٥	ليل
										١	الصحراوى شديد الجفاف
											نهار
										٥	ليل

جدول (١٢-٢) عدد شهور المعالجات المناخية لمختلف الأقاليم التصميمية فى مصر

الشهور	درجات الحرارة 'درجة مئوية'				الدرجة/ اليوم		الأمطار م	الرطوبة النسبية			الرياح		درجة صفاء السماء		الطاقة الشمسية على الأسطح الأفقية				
	العظمى	الصغرى	المتوسط	العظمى	الصغرى	المتوسط		سرعة الرياح م/ث	الاتجاه	السماء (أوكتا)	كبير ميج جول	مشتت ٢م/	السماء	العظمى	الصغرى	المتوسط			
يناير	١٧,٦	٩,٥	١٢,٤٧	٢٦,٢	٢,٤	١٤٩,٧	-	١٤٩,٧	١٨,٢	٧٩	٥٤	٧٠,٢	١٠,٩	٧,١	٤٤٥	٤,٢	١١,٥	٥,٦	١٨
فبراير	١٩,٩	١٠,٩	١٤,٣٧	٢٦,٤	٢,٤	١١٠,٧	-	٢٨,٤	٧٨	٥١	٦٧,٨	١١,٤	٧,٦	٤٢٥	٤,١	١٥,١	٦,٥	٤٢	
مارس	٢١,٠	١٤,٧	١٥,٩٦	٢١,٢	٤,٠	٧٢,١٢	-	١٤,٠	٧٨	٥٠	٦٦,٤	١١,٧	٧,٢	٤٢٥	٣,٢	١٨,٦	٧,٥	٤١	
أبريل	٢٧,٠	١٤,٤	١٨,٥٢	٢١,٦	٧,٠	١١,٢٤	-	٢,٧	٨٠	٤٩	٦٥,٩	١١,٤	٦,٤	٤٢٥	٣,٧	٢٢,٤	٩,٩	٤٤	
مايو	٢٧,٥	١٧,٢	١١,٥٢	٢١,٨	١٠,٥	١١,٢٨	١٩	١,٥	٨٤	٥٢	٦٨,١	١٠,٩	٥,٠	٤٢٥	٢,٢	٢٥,٢	٨,٩	٢٦	
يونيه	٢٨,٦	٢٠,٥	٢٤,٤٥	٢١,٦	١١,٧	٨,١٤	-	١,٠	٨٤	٥٧	٧٠,٢	١١,٥	٥,١	٤٢٥	١,٩	٢٦,٩	٧,٤	٢٨	
يوليو	٢٠,٥	٢٣,٠	٢٦,١٤	٢٨,١	١٧,٥	٢٧,١٨	-	١,٠	٨٤	٦٠	٧٠,٠	١٢,٠	٦,٠	٤٢٥	٢,٩	٢٥,٩	٧,٦	٢٩	
أغسطس	٢٠,٦	٢٢,٤	٢٧,٦	٢٩,٧	١٧,٤	٥,٥٧	-	١,٠	٨٢	٦٠	٧١,١	١١,٤	٥,٥	٤٢٥	٣,٢	٢٢,٨	٧,٢	٢٠	
سبتمبر	٢٩,٦	٢٦,٨	٢٥,٤٧	٢٩,٩	١٥,٧	٢١,٩٢	-	١,٠	٨٢	٥٦	٦٨,٠	١٠,٦	٤,٥	٤٢٥	٢	١٠,٤	٦,٤	٢٢	
أكتوبر	٢٧,٢	١٨,٨	٢٢,٨٢	٢٩,٠	١١,٩	١١,٩٢	٧٢	١,٠	٨١	٥٢	٦٨,٢	٩,٧	٤,٢	٤٢٥	٢	١٦,٢	٥,٥	٢٤	
نوفمبر	٢٤,٢	١٥,٧	١٩,٢٦	٢٦,٤	٧,٤	٢,٨٢	-	٢٢,٢	٨١	٥٤	٧٠,٢	٩,٢	٤,٩	٤٢٥	١٢	١٢	٥,١	٤٢	
ديسمبر	١٩,٤	١١,٨	١٥,٢٧	٢٨,٦	٤,٢	١٤,٠٢	-	٥٦,٢	٨٠	٥٥	٧١,٠	١٠,٨	٧,٠	٤٢٥	٥,٧	١٠,٥	٤,٧	٤٥	
المتوسطة	٢٥,٢	١٦,٨	٢٠,٢٢	٢٧,٣٥	٩,٥٢	٤٥,٤	١٦,٩	١٦,٠	٨١,٠	٥٤	٦٨,٩	١٠,٩	٥,٨	٤٢٥	٣,٥	١٩,١	٦,٩	٢٨	

عند خط عرض ١٢ - ٣١ شمالاً
طول ٥٧ - ٢٩ شرقاً
ارتفاع ٦,٨ م

جدول (٢-١٤) البيانات المناخية لمدينة الإسكندرية متوسطات شهرية

الشهور	درجات الحرارة 'درجة مئوية'				الدرجة/ اليوم		الرطوبة النسبية			الرياح	درجة صفاء السماء (أوكتا)	الطاقة الشمسية على الأسطح الأفقية					
	العظمى	الصغرى	المتوسط	المتطرف	الشفقة		العظمى	الصغرى	المتوسط			سرعة الرياح م/ث	الاتجاه من در	كبير ميجا جول	مشتت ٢م/		
					الحد الأعلى	الحد الأدنى										درجة أساس ١٨.٢	درجة أساس ٢٥
يناير	٢٠,٥	١٠,٢	١٥,١٢	٢٨,٧	٣,٠	-	٨٢,٧٢	٥٩	٤٥	٥٣,١	١,٠	٥,٨	١٥,٢	٢,٠	٢٣		
فبراير	٢٢,٧	١١,٨	١٦,١١	٢٩,٩	٢,٤	-	٥٠,٥٢	٦٠	٤٠	٥٦,٤	١٢,٤	٦,٧	١٩,٢	٤,٢	٢٢		
مارس	٢٤,٢	١١,٢	١٩,٠٢	٣٤,٣	٥,٤	-	٩,٢٤	٥٥	٤١	٤٠,٠	١٢,٨	٧,٢	٢٣,٥	٤,٩	٢١		
أبريل	٢٧,١	١٧,٩	٢٢,٢٩	٣٨,٧	٨,٥	...	٠,٢٢	٥٣	٤٢	٥١,٨	١٢,٦	٨,٢	٢٦,٧	٦,٦	٢٥		
مايو	٢٠,١	١٢,١	٢٥,٨٧	٣٩,٤	١٢,٢	-	٢٢,٥٧	٥٠	٤٢	٤٧,٢	١٤,١	٩,٩	٢٨,٢	٦,٢	٢٢		
يونيه	٢١,٦	٢٤,٩	٢٨,٢٣	٤٢,٦	١٦,٧	-	١٩,٩	٥٣	٢٨	٤٦,٧	١٥	١٠,٤	٢٩,٧	٥,٢	١٨		
يوليو	٢٢,٦	٢٦,٣	٢٩,٢٩	٤٣,٠	١٩,٥	-	١٣,٠	٥٥	٢٩	٤٩,٢	١٥,٢	٩,٨	٢٩,٤	٥,٢	١٨		
أغسطس	٢٢,١	٢٦,٦	٢٩,١٢	٤٠,٩	٢٠,٥	-	١٢,٢	٥٤	٢٨	٤٩,٢	١٤,٩	٩,٤	٢٧,٩	٤,٨	١٧		
سبتمبر	٢٠,٥	٢٤,٦	٢٧,٨١	٣٢,٠	١٧,٨	-	٨٤,١١	٥٧	٤٢	٥٣,٤	١٥,٥	٧	٢٥	٤,١	١٦		
أكتوبر	٢٩,٧	٢٠,٩	٢٥,٠٧	٣٨,٢	٨٢,٩	-	١٦,٢٢	٦	٤٩	٥٦,١	١٠,٧	٢,٥	٢٠	٢,٧	١٩		
نوفمبر	٢٥,٩	١٦,٦	٢١,١٢	٢١,٤	٧,٦	...	١١,٠٢	٦٠	٥١	٥٥,٧	٨,٨	٣,٩	١٦,١	٣,٢	٢٠		
ديسمبر	٢١,٩	١٢,٢	١٧,٠٩	٢٠,٢	٥,٥	-	٤٢,٩٦	٦١	٥٠	٥١	٩,١	٥,٤	١٤,١	٢,٠	٢٢		
المتوسطة	٢٧,٥	١٧,٨	٢٢,٢	٢٨,٤	٨٧,٠٤	...	١٤,٠٠	٢,٦	٥٦,٥	٥١,٧	١٢,٦	٧,٢	٢٢,٩	٤,٦	٢٠		

عند خط عرض ١٧ - ٢٧ شمالاً
طول ٤٦ - ٣٣ شرقاً
ارتفاع ٢,٨ م

جدول (٢-١٥) البيانات المناخية لمدينة الغردقة متوسطات شهرية

الشهور	درجات الحرارة "درجة مئوية"					الرطوبة النسبية			الدرجة/ اليوم		الرياح		الطاقة الشمسية على الأسطح الأفقية				
	المتظمى	الصغرى	المتوسط	الحد الأدنى	الحد الأعلى	المتظمى	الصغرى	المتوسط	الدرجة/ اليوم	الدرجة/ اليوم	سرعة الرياح م/ث	الاتجاه من ن	السماء	مشتت ٢٢/١٠٠	كبيش ٢٢/١٠٠		
يناير	١٩.١	٧.٢	١٢.٢	٢٧.٤	١١.٨	١٩.٣	-	٩.٠	٨٩	٥٠	٧.٨	٢.٥	٤.٤	٢.٢	١٢.٢	٢.٧	٣.٠
فبراير	٢١.٢	٧.٥	١٢.٤٥	٣٠.٦	١٤.٤	١٦٣.٨	-	٧.٥	٨٦	٤٣	٩.٤	٤.٤	٤.٤	٢.٢	١٧.٧	٤.٦	٢.٦
مارس	٢٢.٢	٩.٢	١٣.٢	٣٦.٥	٢٠.٤	١٥٨.٠	-	٤.٢	٨٦	٣٨	١٠.٠	٤.٤	٤.٤	٢.٤	٢١.٢	٦.١	٢.٦
أبريل	٢٦.٨	١١.٤	١٤.٢٧	٤١.٨	٤١.٨	١٢٢.٠	-	١.٩	٨٨	٣٤	١٠.٤	٣.٨	٤.٤	٢.٦	٢٥.٥	٧.٩	٢.٦
مايو	٣٠.٦	١٣.٩	١٣.٢٤	٤٣.٢	٤٣.٢	١٠٩.٢	-	٤.٢	٨٧	٢٨	١٠.٧	٢.٦	٤.٤	١.٢	٢٨	٧.٢	٢.٦
يونيه	٣٢.٦	١٦.٩	١٣.٧٧	٤٦.٤	٤٦.٤	١١٠.٨	-	١.٩	٨٩	٢٦	١٠.٥	٢.٦	٤.٤	٠.٥	٢٨.٧	٦.٣	٢.٦
يوليو	٣٣.٥	١٩.٩	٢٤.٤٨	٤٨.٢	٤٨.٢	١٠٥.٨	-	١.٩	٩٣	٢٤	١٠.٠	١.٤	٤.٤	١.١	٢٨.٧	٦.٤	٢.٦
أغسطس	٣١.١٩	٢٠.٠	٢٤.٨١	٤٨.٢	٤٨.٢	١٠٥.٨	-	١.٩	٩٤	٢٣	٩.٠	١.٢	٤.٤	١	٢٥.٨	٦	٢.٦
سبتمبر	٣١.٧	١٨.٦	٢٤.٨٠	٤٩.٠	٤٩.٠	١٠٥.٨	-	١.٩	٩٤	٢٩	٩.١	١.١	٤.٤	٠.٩	٢٢.٦	٥.١	٢.٦
أكتوبر	٢٩.٢	١٦.٣	٢٤.٢٤	٤٧.٤	٤٧.٤	١٠٥.٨	-	١.٩	٩٠	٢٨	٩.١	١.٦	٤.٤	١.٢	١٨.٣	٤.١	٢.٦
نوفمبر	٢٣.١	١٢.٤	٢٣.٢٨	٤١.٣	٤١.٣	١٠٥.٨	-	١.٩	٨٩	٢٧	٧.٨	٢.١	٤.٤	٢.٣	١٣.٨	٣.٨	٢.٨
ديسمبر	١٩.٢	٩.٠	١٣.٥٨	٣٦.٨	٣٦.٨	١٠٥.٨	-	٩.٧	٨٨	٥٩	٨.٥	٢.١	٤.٤	٣.٥	١١.٩	٢.٦	٢.٠
المتوسطة	٢٨.٩	١٣.٥	١٩.٤	٣٦	٣٦	١٢١.٢	-	٣.٨	٨٩.٤	٢٨.٤	٩.٤	٢.٥	٤.٤	١.٨	٢١.٢	٥.١	٢.٦

عند خط عرض ٤٩ - ٢٠ شمالاً
طول ٥٦ - ٣٠ شرقاً
ارتفاع ١٥.٤ م

جدول (٢-١٦) البيانات المناخية لمدينة طنطا
متوسطات شهرية

الشهور	درجات الحرارة "درجة مئوية"					الأمطار سم	الرطوبة النسبية			الرياح سرعة الرياح م/ث	درجة السماء (أوكتا)	الطاقة الشمسية على الأسطح الأفقية						
	العظمى	الصغرى	المتوسط	الحد الأعلى	الحد الأدنى		مشتت م/٢	كبير ميجا جول										
يناير	١٧	٧.٥	١١.٦٩	٢٩.٢	٣.٢	٢٤.٦	-	٦.١	٨٣	٥٢	٧١.٥	٨.٠	٣.٥	٤٤.٤	٢.١	١٢.٩	٤.٤	٣٥
فبراير	١٧.٥	٧.٧	١٢.١٧	٢٤.٧	٢.٢	١٧٤.٣	-	٣.٢	٧٨	٤٥	٦٤.٩	٩.٥	٢.٠	شرط	١.٩	١٦.٥	٥.٢	٢٢
مارس	٢٠.٢	٨.٤	١٤.١١	٢٨.٦	١.٢	١٢٩.٩	-	٢.٤	٨٠	٤١	٦٣.٢	٩.٥	٢.٠	شرط	٢.١	٢٠	٦.٤	٢٢
أبريل	٢٥.٨	١١.٦	١٥.٦٧	٤٢.٩	٣.٥	٨١.٠٩	-	١.٥	٨٢	٣٦	٦١.٨	٨.٥	٢.٠	شرط	٢.١	٢٤	٨.٢	٢٤
مايو	٢٩.٢	١٤.٤	٢٢.٢٠	٤٨.٠	٧.٩	١١.٩٩	٣.٢١	صفر	٨٤	٣٢	٥٩.١	٨.٠	٢.٠	شرط	٢.٢	٢٦.٦	٧.٦	٢٩
يونيه	٣٢.٨	١٧.٩	٢٥.٦٧	٤٧.٤	١١.٩	٤٠.٦٦	٤.٠٦	...	٨٢	٢٠	٥٤.٩	٨.٥	١.٥	شرط	٠.٨	٢٨	٦.٢	٢٢
يوليو	٣٢.٢	١٩.٦	٢٦.١٧	٤٥.٥	١٥.٠	٤٧.٢٣	...	...	٨٨	٤٢	٦٦.٨	٦.٥	١.٠	شرط	١.٠	٢٧	٦.٦	٢٤
أغسطس	٣١.٩	١٩.٦	٢٩.٧٨	٤٠.٨	١٥.٢	٣٨.٧٠	...	...	٩٠	٤٦	٧١.٠	٥.٥	١.٠	شرط	١.١	٢٥.٧	٥.٩	٢٢
سبتمبر	٣١.٢	١٨.٣	٢٤.٨٠	٤٢.٩	١١.٩	٢٢.٨٢	...	...	٩١	٤٢	٦٩.٢	٥.٠	١.٠	شرط	١.٢	٢٢.٦	٥	٢٢
أكتوبر	٢٨.٦	١٦.١	٢١.٨١	٤٤.٥	٩.٢	١.٥٥	...	...	٨٧	٤٠	٦٦.٤	٦.٥	١.٠	شرط	١.٣	١٨.١	٤.٣	٢٤
نوفمبر	٢٣.٥	١١.٨	١٦.٩٥	٣٨.٨	٣.٤	٤٧.٣٨	-	٢.٧	٨١	٣٣	٥٦.٥	٧.٥	٢.٠	شرط	٢.٩	١٢.٦	٤	٢٠
ديسمبر	١٩.١	٧.٦	١٢.٢٢	٣٣.٦	١.١	١٨٨.٣	-	٦.١	٨٢	٤٩	٧١.١	٦.٥	٠.٥	شرط	١.٢	١١.٩	٣.٧	٢١
المتوسطة	٢٥.٨	١٣.٤	١٩.١	٤٠.٨	٣.٢	١٥.٨٤	٨٢.٠	١.٩	٨٤.٢	٣٨.٢	٦٤.٧	٧.٥	١.٩	شرط	١.٨	٢٠.٦	٥.٦	٢٨

عند خط عرض ٨ - ٢٠ شمالاً
طول ١٥ م - ٣١ شرقاً
ارتفاع ٤٠.١ م

جدول (٢-١٧) البيانات المناخية لمدينة بهتيم
متوسطات شهرية

الشهور	درجات الحرارة "درجة مئوية"				الدرجة/ اليوم	الأمطار م	الرطوبة النسبية			الرياح		درجة صفاء السماء (أوكتا)	الطاقة الشمسية على الأسطح الأفقية			
	العظمى	الصغرى	المتوسط	سرعة الرياح م/ث			الاتجاه م	كبيس ميجا جول	مشتت ٢٥/١٠٠							
										الحد الأعلى	الحد الأدنى					
													درجة أساس ٢٥°	درجة أساس ١٨,٢°		
يناير	٢٠,٢	٥,٢	١١,٩٨	٢١,٧	١٦٩,٩	-	٧٧	٢٨	٦,٨	٧,٧	٢,٤	شمال شرقي	١,٨	١٤,٨	٣,٥	٤٢
فبراير	٢٢,٨	٦,٥	١٢,٨٥	٢٥,٤	١٥٩,٩	-	٧٤	٣٢	٥٥,١	٨,٨	٤,٣	شمال شرقي	١,٩	١٩,٣	٤,١	٢١
مارس	٢٦,٣	٩,٢	١٤,٢٥	٢٤,٩	١٢٦,٣	-	٧٣	٣٧	٥١,٣	٩,٧	٤,٧	شمال شرقي	١,٩	٢٢	٤,٩	٢٢
أبريل	٣١,٢	١٢,١	١٦,١٨	٤٤,٣	٧٦,٧	١٢	٦٨	٢٠	٤٣,٥	١٠,٥	٦,٣	شمال شرقي	١,٧	٢٧	٦,٥	٢٤
مايو	٣٥,٦	١٧,١	١٨,١٦	٤٨,١١	٤٧,١	١,١١	٦٤	١٨	٣٨,٥	١١,٥	٦,٩	شمال شرقي	١,٠	٣٨,٣	٦,٣	٢٣
يونيه	٣٧,٤	١٩,٦	١٩,٨٤	٤٧,٥	٤٥,٧	٢٥,٩١	٦٩	٢١	٤٣,٤	١٢,٢	٧,٤	شمال شرقي	٠,٢	٢٩,٨	٥,٢	١٨
يوليو	٣٧,٢	٢٠,٨	٢١,١٢	٤٥,٥	١٥,٥١	٩,١٢	٧٥	٢٤	٤٧,٦	٩,٩	٤,٦	شمال شرقي	٠,١	٢٩,٤	٥,٢	١٨
أغسطس	٣٧,١	٢١,٠	٢٢,٠٤	٤٤,٦	١٤,٩٢	٩,٨١	٧٨	٢٨	٥٢,١	٨,٣	٤,٥	شمال شرقي	٠,٢	٢٧,٨	٤,٨	١٨
سبتمبر	٣٤,٢	١٩,٢	٢٢,٤٩	٤١,٧	١٦,٥٥	٦,٨٨	٨٠	٣٢	٥٦,١	٩,٨	٥,٥	شمال شرقي	٠,١	٢٤,٦	٤,٢	١٧
أكتوبر	٣٢,٠	١٦,٦	٢٢,٩٢	٤١,٥	١٧,٠٣	٥,٩٤	٨٠	٣١	٥٦,٣	٨,٧	٥,١	شمال شرقي	٠,٥	٢٠,٢	٣,٥	١٨
نوفمبر	٢٧,٦	١٢,٢	٢٢,٢٥	٣٩,٣	١٢,٩٦	٦,٧١	٨٢	٣٧	٦٢,٥	٨,٢	٤,٥	شمال شرقي	١,٧	١٥,٩	٣,١	٢٠
ديسمبر	٢٢,٤	٦,٩	٢١,٥٢	٣٣,٢	٩,٦٣	١,٠٩	٨٣	٣٩	٦٤,٧	٧,٢	٣,٧	شمال شرقي	٢,٣	١٣,٦	٣	٢٣
المتوسطة	٢٠,٣	٣,٩	١٨,٨	٤١,١	٦٧٨,٨	٧	٧٥,٣	٢٨,٩	٥٢,٦	٩,٢	٥,١	شمال شرقي	١,٠٦	٢٢,٨	٤,٥	٢٠

عند خط عرض ٥ - ٢٨ شمالاً
طول ٤٤ - ٣٠ شرقاً
ارتفاع ٤٤,٢ م

جدول (٢-١٨) البيانات المناخية لمدينة المنيا
متوسطات شهرية

الشهور	درجات الحرارة "درجة مئوية"				الدرجة/ اليوم	الرطوبة النسبية			الرياح	درجة صفاء السماء (أوكتا)	الطاقة الشمسية على الأسطح الأفقية			
	العظمى	الصغرى	المتوسط	سرعة الرياح م/ث		الحد الأدنى	الحد الأعلى	التطرف			التدفئة	التبريد		
													الحد الأدنى	الحد الأعلى
يناير	٢٢,٤	٨,٧	١٥,٥٨	٢٧,٨	٨٧,٧٣	-	٥٢	٢١	٦,٤	٩,٦	٣,٢	١٧,٨	٢,٥	١٤
فبراير	٢٥,٤	١١,١	١٧,٩٨	٢٩,٢	٢١,٢٣	١٧	٤٢	١٧	٢٧,٥	١٠,١	٦,٦	٢٢,٣	٢,٠	١٣
مارس	٢٩,٢	١٤,٧	٢١,٩٨	٣٤,٤	٢٠,٢	٢٣	١٠	٢٠,٥	٢٠,٦	١٠,٦	٧,٧	٢٠,٢	٢,٧	١٥
أبريل	٢٤,٨	١٩,١	٢٧,٠٦	٤٨,١	١٠,٢	٢٦	٨	١٦	١٠,٨	١٠,٨	٧,٥	٢٨,٤	٤,٧	١٧
مايو	٣٨,٥	٢٢,٤	٣٠,٧٣	٤٨,٠	١٤,٤	٢٣	٧	١٢,٨	١٠,٥	١٠,٥	٧,٠	٢٩,٤	٤,٥	١٥
يونيه	٤٠,٨	٢٥,٦	٣٣,٣٨	٥٠,٦	١٩,٣	٢٤	٨	١٤,٤	١٠,٤	١٠,٤	٧,٠	٣٠,٠	٣,٩	١٣
يوليو	٤٠,٦	٢٥,٩	٣٣,٦٤	٤٨,٤	٢٢,١	٢٨	٩	١٦,٨	١٠,٤	١٠,٤	٦,٢	٢٩,٢	٤	١٤
أغسطس	٣٩,٨	٢٦,٠	٣٣,٣٧	٤٧,٩	٢١,٤	٢٢	١١	١٨,٩	١٠,٤	١٠,٤	٥,٧	٢٨,٣	٣,٨	١٣
سبتمبر	٣٨,٧	٢٢,٨	٢٩,٥٣	٤٨,٢	١٩,٠	٢٣	١١	١٨,٩	١٠,٢	١٠,٢	٧,٢	٢٦	٤	١٣
أكتوبر	٣٥,٨	٢٠,٨	٢٨,١٦	٤٦,٤	١٢,٧	٢٦	١٣	١٣,٥	٨,٩	١٠,٢	٧,٢	٢٢,٢	٢,٨	١٣
نوفمبر	٢٨,٥	١٥,٤	٢١,٩٨	٤١,٨	١٠,٩٣	٥٠	٢٢	٢٥	٩,٠	١٠,١	٧,٠	١٨,٧	٢,٢	١٣
ديسمبر	٢٤,١	١٠,١	١٧,٩	٣٧,٠	٤٨,٨٤	٥٦	٢٤	٢٨,٥	٩,٥	١٠,٢	٦,٦	١٦,٧	٢,٢	١٢
المتوسطة	٢٤,٩	١١,١	٢٧,٠	٤٤,٧	١١,٦	٢٦,٣	١٢,٤	١٢,٤	١٠	١٠	٦,٨	٢٤,٥	٧,٤	١٤

عند خط عرض ٥٨ - ٢٣ شمالاً
طول ٤٧ - ٢٢ شرقاً
ارتفاع ١٩٣ م

جدول (٢-١٩) البيانات المناخية لمدينة أسوان
متوسطات شهرية

المدن المصرية	درجات الحرارة				كمية الأمطار		اتجاه الرياح	
	أعلى درجة حرارة	أقل درجة حرارة	المتوسط الشهرى	المتوسط على التراوح اليومى	الرطوبة النسبية %	السنة	الرياح السائدة	
							الرياح السنوية	
							صيفاً	شتاءً
١- السلوم	٣٦,١	٨,٩	٢٠,٠	١٠,٠	٦٦,٨	١١٩,٢	شمال ش غ	شمال غ/ج غ
٢- سيدي برانى	٢٩,١	٨,١	١٨,١	٨,٦	٦٦,٩	١١٩,٢	شمال غ	شمال غ/ج غ
٣- مرسى مطروح	٢٩,٩	٨,١	١٨,٠	٩,٧	٦٧,٠	١٢٨,٥	شمال غ	جنوب غ
٤- الاسكندرية	٣٠,١	٩,٢	١٩,٠	٩,٠	٧٠,٠	١٤٤,١	شمال غ	شمال
٥- دمياط	٢١,٢	٨,٢	١٩,٢	٩,١	٧٦,٨	١٤٤,١	شمال غ	جنوب غ
٦- بورسعيد	٢٠,٩	١١,٢	٢١,١	٩,٢	٧١,٦	١٤٤,١	شمال غ	شمال غ
٧- العريش	٣١,٠	٨,٢	١٩,٩	١٠,١	٧١,٧	١٩١,١	شمال غ	شمال غ/ج غ
٨- المنصورة	٣١,٩	٧,٢	٢١,١	١٣,١	٧١,٧	١٩١,١	شمال غ	شمال غ/ج غ
٩- دمهور	٣١,٨	٧,٧	٢٠,٥	١٢,٥	٧٢,٢	١٠٢,٢	شمال غ	شمال غ
١٠- وادى النطرون	٣٦,٦	٧,٢	١٠,٢	١١,٢	٦٢,٨	١٠٢,٢	شمال غ	شمال غ
١١- طنطا	٢٤,٦	١٠,٠	١٠,٢	١٠,٢	٧٤,١	٦٦,٢	شمال غ	شمال غ
١٢- شبين الكوم	٢٥,٠	٧,٧	١١,١	١٢,٩	٧٠,٠	٩٦,٨	شمال غ	شمال غ
١٣- الزقازيق	٢٥,٠	١٠,١	١٠,٥	١٤,٧	٧٢,٦	٩٦,٨	شمال غ	شمال غ
١٤- فايد	٢٥,٩	٧,٩	٢١,٩	١٣,١	٦١,٨	٩٢,٦	شمال غ	شمال غ
١٥- إسماعيلية	٢١,٥	٨,١	٩٢,٣	١٣,٢	٦١,٥	٥٢,٧	شمال غ	شمال غ
١٦- ينها	٢١,٨	١٠,٨	١٠,٨	١٠,٨	٧٦,٦	١٥,٥	شمال غ	شمال غ
١٧- القاهرة	٢٥,٤	٨,٦	٢٢,٠	١٢,١	٥١,٦	٢١,٢	شمال غ	شمال غ
١٨- حلوان	٢٥,٢	٨,٦	٢١,٩	١٢,٢	١٢,٢	٢٩,٢	شمال غ	شمال غ
١٩- الفيوم	٢٦,٧	٦,١	٢١,٤	١٤,٦	٥٨,٢	٨٥,٢	شمال غ	شمال غ
٢٠- بنى سويف	٢٦,٨	٥,٠	٢٠,٩	١٦,٥	٥٦,٢	٢٩,١	شمال غ	شمال غ
٢١- المنيا	٢٦,٩	٤,٠	٢٠,٢	١٦,٦	٤٩,٦	٢٢,٦	شمال غ	شمال غ
٢٢- ملوى	٢٥,٧	٢,٦	١٩,٠	١٧,١	٧١,٧	٤٣,٥	شمال غ	شمال غ
٢٣- أسيوط	٢٧,٠	٦,٦	٢١,٨	١٥,٠	٣٥,٨	٥٢,٥	شمال غ	شمال غ
٢٤- شندويل	٢٧,٦	٤,٧	١٥,١	١٦,٨	٦٠,١	٢٣,٨	شمال غ	شمال غ
٢٥- نجع حمادى	٢٨,٠	٥,٥	٢١,٧	١٧,٠	٥٥,٤	٨,٥	شمال غ	شمال غ
٢٦- قنا	٤٠,٨	٦,٧	٢٢,٧	١٧,١	٤١,٧	٥,٢	شمال غ	شمال غ
٢٧- الأقصر	٢١,٠	٥,٤	٢٣,٢	١٧,٨	٣١,٨	٤,٧	شمال غ	شمال غ
٢٨- كوم أمبو	٤٠,٥	٧,١	١٢,٨	١٧,٥	٤٣,٥	٠,٤	شمال غ	شمال غ
٢٩- أسوان	٤٢,٠	٩,٥	١٥,٧	١٥,٨	٢١,٠	١,٠	شمال غ	شمال غ
٣٠- سيناء	٣٨,٠	٤,١	٢١,٠	١٦,٨	٥٧,٠	٢,٤	شمال غ	شمال غ
٣١- الواحات البحرية	٢٦,٨	٤,٧	٤٠,٧	١٥,٩	٥٣,١	٥,٢	شمال غ	شمال غ
٣٢- الفرافرة	٢٧,٦	٣,٩	٢٠,٧	١٦,٨	٤٢,٧	٠,٩	شمال غ	شمال غ
٣٣- الواحات الداخلة	٢٨,٦	٤,٧	٤١,٥	١٦,١	٣٩,١	٠,٦	شمال غ	شمال غ
٣٤- السويس	٢٦,٥	٨,٧	٢٢,٦	١٣,٠	٦١,١	١,٤	شمال غ	شمال غ
٣٥- الطور	٢٤,٩	٨,٠	٢١,١	١١,١	٥٨,٦	٩,٩	شمال غ	شمال غ
٣٦- الفرقة	٢٢,٠	٩,١	٢١,٢	٩,٢	٥١,٩	٤,٣	شمال غ	شمال غ
٣٧- القصير	٢٢,٨	١٣,٨	٢٢,٨	٧,٦	٥٢,٣	١,٩	شمال غ	شمال غ

جدول (٢- ٢٠) البيانات المناخية لمدن مصر

المدن المصرية	درجات الحرارة				كمية الأمطار		اتجاه الرياح	
	أعلى درجة حرارة	أقل درجة حرارة	المتوسط الشهرى	المتوسط على التراوح اليومى	الرطوبة النسبية %	السنة	الرياح السائدة	
							الرياح السنوية	
							صيفاً	شتاءً
١- السلوم	٣٦,١	٨,٩	٢٠,٠	١٠,٠	٦٦,٨	١١٩,٢	شمال ش غ	شمال غ/ج غ
٢- سيدي برانى	٢٩,١	٨,١	١٨,١	٨,٦	٦٦,٩	١١٩,٢	شمال غ	شمال غ/ج غ
٣- مرسى مطروح	٢٩,٩	٨,١	١٨,٠	٩,٧	٦٧,٠	١٢٨,٥	شمال غ	جنوب غ
٤- الاسكندرية	٣٠,١	٩,٢	١٩,٠	٩,٠	٧٠,٠	١٤٤,١	شمال غ	شمال
٥- دمياط	٢١,٢	٨,٢	١٩,٢	٩,١	٧٦,٨	١٤٤,١	شمال غ	جنوب غ
٦- بورسعيد	٢٠,٩	١١,٢	٢١,١	٩,٢	٧١,٦	١٤٤,١	شمال غ	شمال غ
٧- العريش	٣١,٠	٨,٢	١٩,٩	١٠,١	٧١,٧	١٩١,١	شمال غ	شمال غ/ج غ
٨- المنصورة	٣١,٩	٧,٢	٢١,١	١٣,١	٧١,٧	١٩١,١	شمال غ	شمال غ/ج غ
٩- دمهور	٣١,٨	٧,٧	٢٠,٥	١٢,٥	٧٢,٢	١٠٢,٢	شمال غ	شمال غ
١٠- وادى النطرون	٣٦,٦	٧,٢	١٠,٢	١١,٢	٦٢,٨	١٠٢,٢	شمال غ	شمال غ
١١- طنطا	٢٤,٦	١٠,٠	١٠,٢	١٠,٢	٧٤,١	٦٦,٢	شمال غ	شمال غ
١٢- شبين الكوم	٢٥,٠	٧,٧	١١,١	١٢,٩	٧٠,٠	٩٦,٨	شمال غ	شمال غ
١٣- الزقازيق	٢٥,٠	١٠,١	١٠,٥	١٤,٧	٧٢,٦	٩٦,٨	شمال غ	شمال غ
١٤- فايد	٢٥,٩	٧,٩	٢١,٩	١٣,١	٦١,٨	٩٢,٦	شمال غ	شمال غ
١٥- إسماعيلية	٢١,٥	٨,١	٩٢,٣	١٣,٢	٦١,٥	٥٢,٧	شمال غ	شمال غ
١٦- ينها	٢١,٨	١٠,٨	١٠,٨	١٠,٨	٧٦,٦	١٥,٥	شمال غ	شمال غ
١٧- القاهرة	٢٥,٤	٨,٦	٢٢,٠	١٢,١	٥١,٦	٢١,٢	شمال غ	شمال غ
١٨- حلوان	٢٥,٢	٨,٦	٢١,٩	١٢,٢	١٢,٢	٢٩,٢	شمال غ	شمال غ
١٩- الفيوم	٢٦,٧	٦,١	٢١,٤	١٤,٦	٥٨,٢	٨٥,٢	شمال غ	شمال غ
٢٠- بنى سويف	٢٦,٨	٥,٠	٢٠,٩	١٦,٥	٥٦,٢	٢٩,١	شمال غ	شمال غ
٢١- المنيا	٢٦,٩	٤,٠	٢٠,٢	١٦,٦	٤٩,٦	٢٢,٦	شمال غ	شمال غ
٢٢- ملوى	٢٥,٧	٢,٦	١٩,٠	١٧,١	٧١,٧	٤٣,٥	شمال غ	شمال غ
٢٣- أسيوط	٢٧,٠	٦,٦	٢١,٨	١٥,٠	٣٥,٨	٥٢,٥	شمال غ	شمال غ
٢٤- شندويل	٢٧,٦	٤,٧	١٥,١	١٦,٨	٦٠,١	٢٣,٨	شمال غ	شمال غ
٢٥- نجع حمادى	٢٨,٠	٥,٥	٢١,٧	١٧,٠	٥٥,٤	٨,٥	شمال غ	شمال غ
٢٦- قنا	٤٠,٨	٦,٧	٢٢,٧	١٧,١	٤١,٧	٥,٢	شمال غ	شمال غ
٢٧- الأقصر	٢١,٠	٥,٤	٢٣,٢	١٧,٨	٣١,٨	٤,٧	شمال غ	شمال غ
٢٨- كوم أمبو	٤٠,٥	٧,١	١٢,٨	١٧,٥	٤٣,٥	٠,٤	شمال غ	شمال غ
٢٩- أسوان	٤٢,٠	٩,٥	١٥,٧	١٥,٨	٢١,٠	١,٠	شمال غ	شمال غ
٣٠- سيناء	٣٨,٠	٤,١	٢١,٠	١٦,٨	٥٧,٠	٢,٤	شمال غ	شمال غ
٣١- الواحات البحرية	٢٦,٨	٤,٧	٤٠,٧	١٥,٩	٥٣,١	٥,٢	شمال غ	شمال غ
٣٢- الفرافرة	٢٧,٦	٣,٩	٢٠,٧	١٦,٨	٤٢,٧	٠,٩	شمال غ	شمال غ
٣٣- الواحات الداخلة	٢٨,٦	٤,٧	٤١,٥	١٦,١	٣٩,١	٠,٦	شمال غ	شمال غ
٣٤- السويس	٢٦,٥	٨,٧	٢٢,٦	١٣,٠	٦١,١	١,٤	شمال غ	شمال غ
٣٥- الطور	٢٤,٩	٨,٠	٢١,١	١١,١	٥٨,٦	٩,٩	شمال غ	شمال غ
٣٦- الفرقة	٢٢,٠	٩,١	٢١,٢	٩,٢	٥١,٩	٤,٣	شمال غ	شمال غ
٣٧- القصير	٢٢,٨	١٣,٨	٢٢,٨	٧,٦	٥٢,٣	١,٩	شمال غ	شمال غ

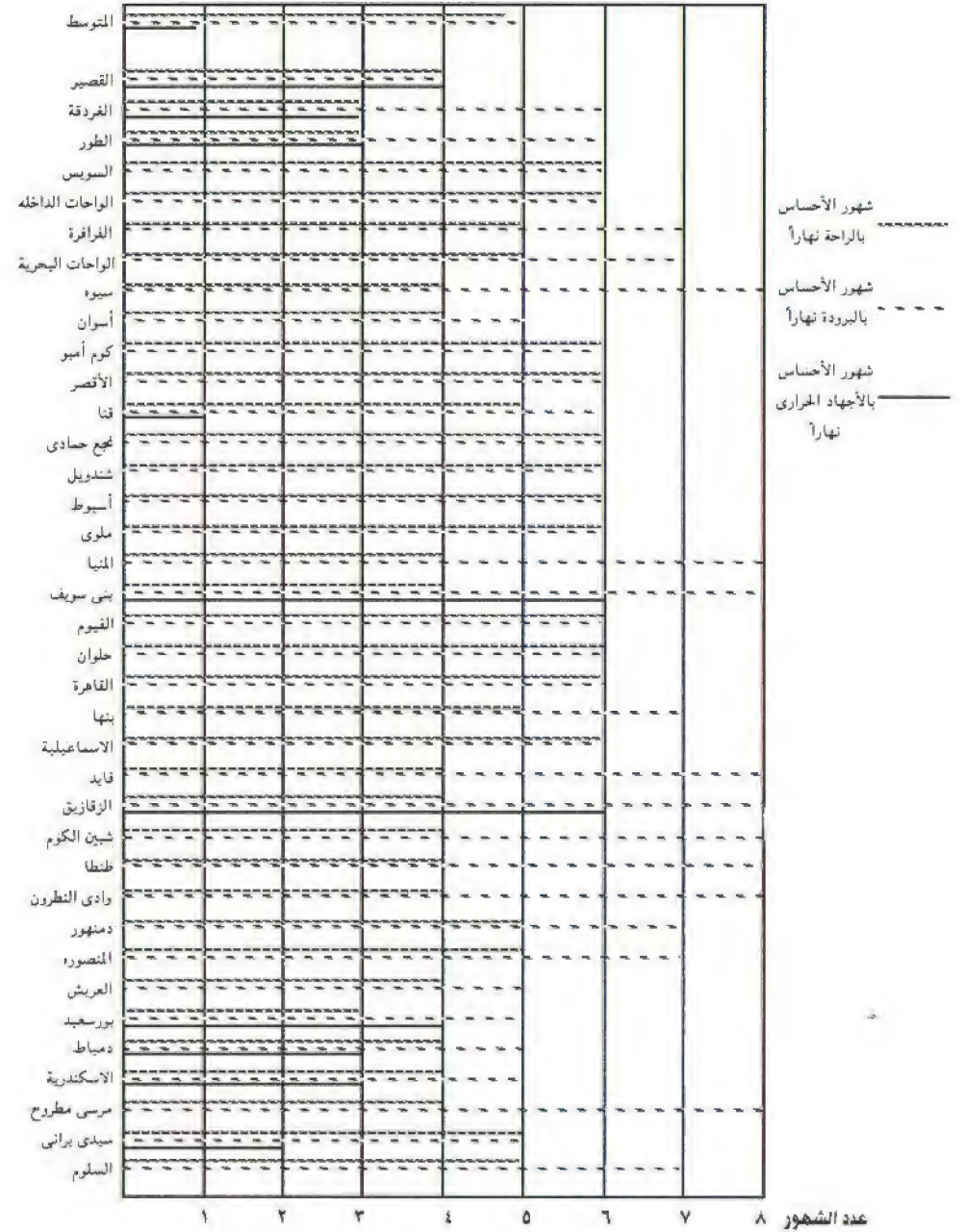
شكل رقم (٢ - ١٩) أشهر الأحساس بالإجهاد والراحة الحرارية نهاراً لبعض مدن مصر

٢-٤ الأشعة الشمسية

تتوقف شدة الأشعة الشمسية المباشرة على خط العرض وارتفاع الموقع عن سطح البحر وعلى طبيعة الوسط المحيط ويتوقف طول أو قصر النهار على درجة ارتفاع أو انخفاض الشمس فوق الأفق الجنوبي في نصف الكرة الشمالي وترتفع درجة الحرارة خلال فصل الصيف ليس فقط بسبب كون أشعة الشمس أقرب إلى أن تكون فوق الرأس ولذلك يكون الإشعاع أشد كثافة فوق سطح الأرض، وإنما لأنها تسطع لمدة أطول.

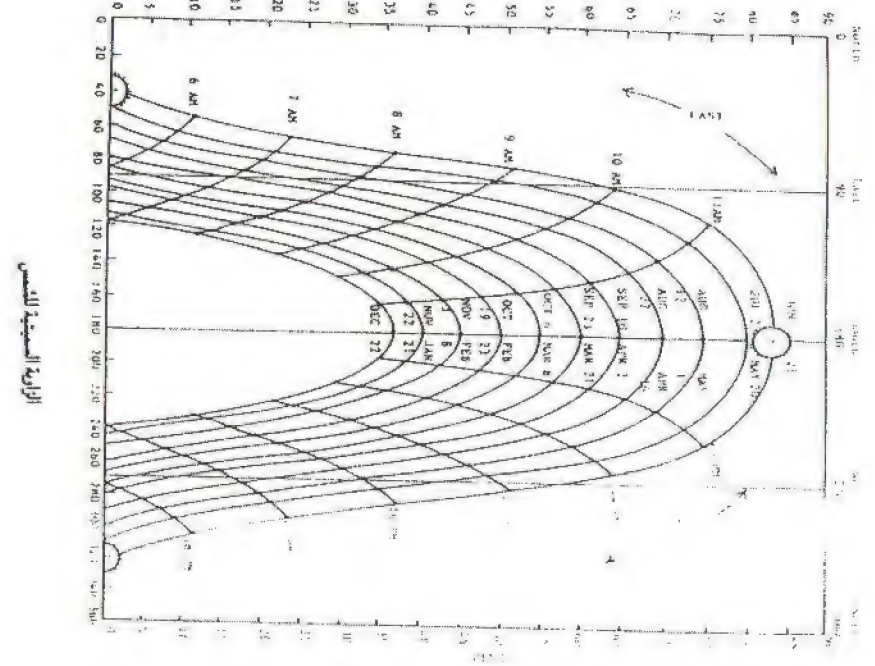
والشكلان رقم ٢-٢١، ٢-٢٢ يوضحان خريطة مسار الشمس وزوايا الارتفاع والسمت لخط عرض ٣٠ (القاهرة)، وخط عرض ٢٤ (أسوان).

تصل طاقة الشمس إلينا عن طريق الإشعاع ويقوم الغلاف الجوى عادة بامتصاص جزء من هذا الإشعاع قبل وصوله إلينا. ومن الجدير بالذكر أن بعض هذه الأشعة تصل إلينا بطريقة غير مباشرة عبر السماء وتمثل هذه الأشعة غير المباشرة حوالي ١٤٪ من كمية الأشعة الكلية لخط عرض ٢٤م شمالاً، ٢٨٪ لخط عرض ٣٠ شمالاً.

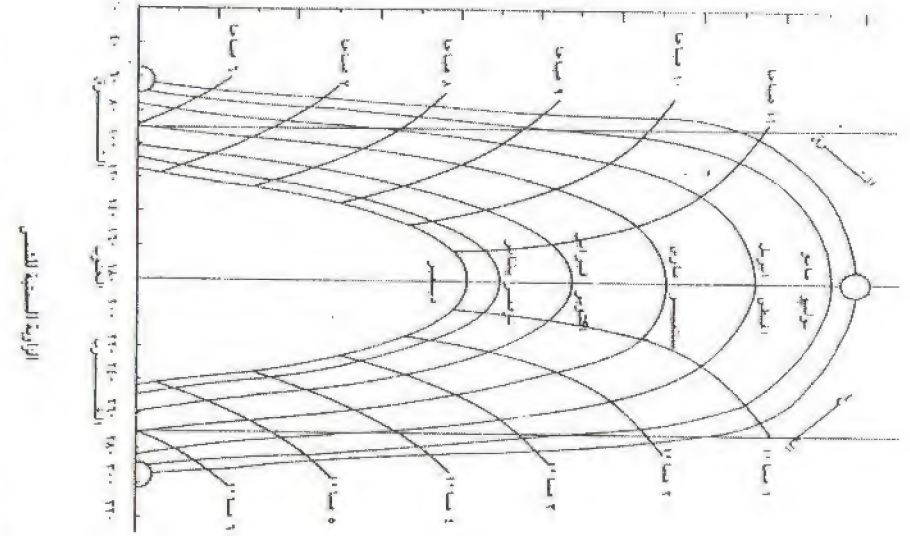


شكل رقم (٢-٢٠) أشهر الأحساس بالأجهاد والراحة الحرارية ليلاً لبعض مدن مصر

زاوية ارتفاع الشمس



شكل (٢٢-٧) خريطة مسار الشمس لخط عرض ٢٠ شمالاً



شكل (٢٣-٧) خريطة مسار الشمس لخط عرض ٢٤ شمالاً

زاوية ارتفاع الشمس

٢-٤-١ زوايا الشمس

تدور الأرض حول الشمس في مسار بيضاوي وفي نفس الوقت تلف حول محورها الذي يميل بزاوية قدرها حوالي ٢٣.٥ من العمودي على مستوى مسارها حول الشمس (١) زاوية ارتفاع الشمس Solar Altitude, α (ALT) وهي الزاوية التي يصنعها الشعاع الشمسي مع خط أفقي واقع في مستوى رأسى مار بالشمس.

(٢) الزاوية السميتية للشمس Solar Azimuth, ψ (AZM) هي الزاوية التي تصنعها الإحداثيات الأفقية للأشعة الشمسية مع الشمال وهي التي تحدد اتجاه الشمس.

(٣) زاوية انحراف الشمس Declination angle, δ (DEC)

$$\delta = 23.45 \sin((ND + 284) \times 360/365)$$

حيث أن ND هي ترتيب اليوم في العام بدءاً من أول يناير.

ولدراسة تأثير الأشعة الشمسية على الأسطح الخارجية المعرضة للمباني والنوافذ يجب حساب الزوايا التالية :

(٤) زاوية سقوط الأشعة الشمسية Solar Incidence, θ (THA)

(٥) الزاوية السميتية للجدار Wall Azimuth, ψ_w (WAZM)

الزاوية السميتية للجدار الزاوية السميتية للجدار ψ_w لجميع الاتجاهات الجغرافية مقاسة من الشمال وموضحة بالجدول رقم (٢-٢١).

ولتظليل النوافذ من تأثير الأشعة الشمسية المباشرة يجب تعيين الزوايا التالية:-

(٦) زاوية الظل الأفقية Horizontal Shadow Angle, (HSA)

وهي الفرق بين الزاوية السميتية للشمس والزاوية السميتية للجدار

$$HSA = \psi - \psi_w$$

حيث أن الزاوية السميتية للحائط الجنوبي = ٩٠° والشمالى صفر

(٧) زاوية الظل الرأسية

Vertical Shadow Angle, (VSA)

$$VSA = \tan^{-1} (\tan (\alpha) / \cos (HSA))$$

الاتجاه الجغرافى	ش	ش ق	ق	ج ق	ج	ج غ	غ	ش غ
الزاوية السمتية للجدار	صفر	٤٥	٩٠	١٣٥	١٨٠	٢٢٥	٢٧٠	٣١٥

جدول (٢-٢١) الاتجاه الجغرافى للجوانب والزاوية السمتية للجدار مقاسة من الشمال

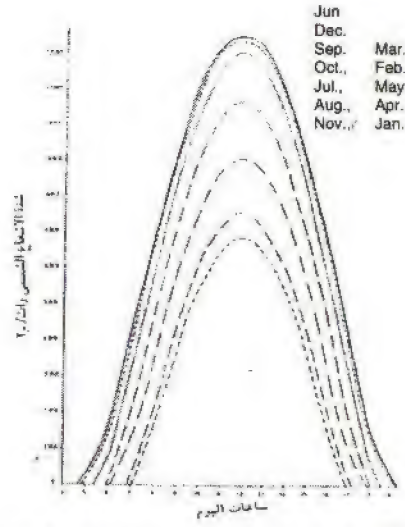
٢-٤-٢ الأشعة الشمسية فى مصر

يبين الشكل رقم (٢-٢٣) خريطة لجمهورية مصر العربية موضحاً عليها خطوط متساوية الطاقة موزعاً عليها متوسط مجموع الإشعاع الشمسى السنوى ونلاحظ أنه فى مدينة الأقصر يصل المتوسط السنوى للطاقة الكلية بين ٢٧٠ إلى ٢٩٠ وات / م^٢ فى اليوم، بينما يصل فى جنوب جمهورية مصر العربية إلى حوالى ٤٠٠ وات / م^٢ فى اليوم ويصل فى القاهرة إلى حوالى ٢٧٠ وات / م^٢ والشكل رقم (٢-٢٤) يوضح خطوط متساوية الطاقة الشمسية المشتتة (غير المباشرة) لجمهورية مصر العربية ونلاحظ أن مدينة أسوان يصل فيها الإشعاع المشتت إلى حوالى ٤٤ وات / م^٢ فى اليوم وفى القاهرة يصل الإشعاع المشتت إلى حوالى ٦٨ وات / م^٢ فى اليوم وذلك نتيجة وجود أتربة وتلوث، وعندما تكون السماء صافية فإن ٨٠ - ٨٥٪ من الإشعاع الشمسى الساقط خارج الغلاف الجوى يصل إلى الأرض ولكن عندما تكون السماء ملبدة بالغيوم فإنه لا ينفذ إلى سطح الأرض سوى ٠.٢٨ من ذلك الإشعاع بصورة مشتتة ويلاحظ من الإشعاع الشمسى تتزايد تدريجياً من الشمال إلى الجنوب.

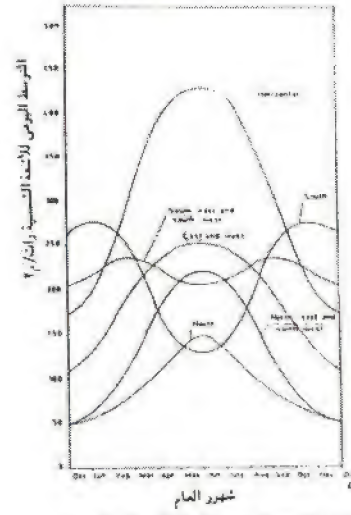
يوضح الشكل رقم (٢-٢٥) المتوسط اليومى للطاقة الشمسية الكلية على الاسطح الافقية والرأسية ذات الاتجاهات الجغرافية المختلفة على مدار العام.

ويلاحظ أن الاسطح الافقية تستقبل أكبر قدر من الأشعة الشمسية خلال شهر يونيو (فصل الصيف) واتى يصل إلى حوالى ٤٣٠ وات / م^٢ لخط عرض ٣٠ شمالاً وتنخفض إلى ١٧٠ وات / م^٢ خلال فصل الشتاء (شكل ٢-٢٦). ويلاحظ أن الحوائط الجنوبية تستقبل أكبر قدر من الأشعة الشمسية خلال فصل الشتاء والتي تصل إلى ٢٧٠ وات / م^٢ وتقل لتصل ١١٠ وات / م^٢ فى فصل الصيف مما يشجع على توجيه المباني شمال / جنوب مع تظليل الفتحات الجنوبية بحيث تكون المحاور الرئيسية للشوارع شرق / غرب.

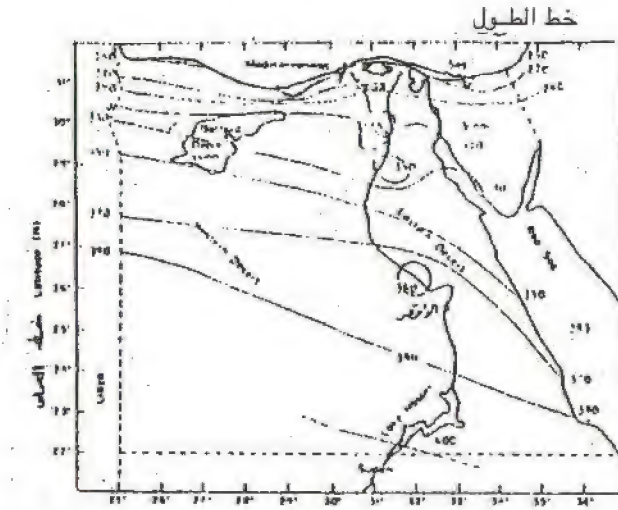
الاشكال من (٢-٢٧) الى (٢-٣١) توضح شدة الطاقة الشمسية على الواجهات المختلفة للمبنى عند خط عرض ٣٠ شمالاً (مدينة القاهرة).



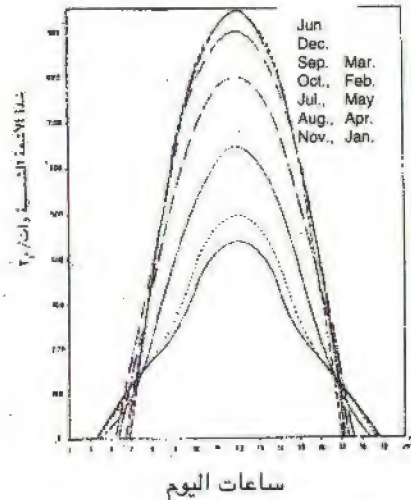
شكل (٢٦-٢) شدة الإشعاع الكلي على الأسطح الأفقية لخط عرض ٤٠ شمالاً



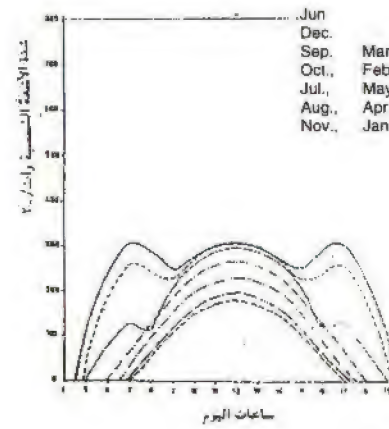
شكل (٢٥-٢) المتوسط اليومي لشدة الأشعة الشمسية على الأسطح المختلفة لخط عرض ٤٠ شمالاً



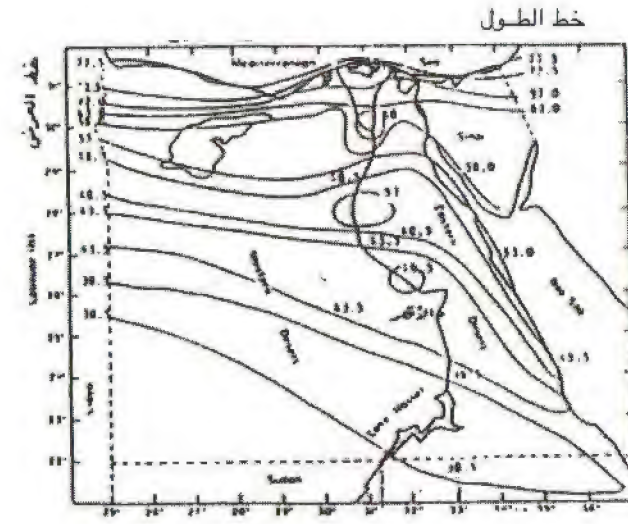
شكل (٢٣-٢) توزيع الطاقة المباشرة لمصر
(هذه الخريطة توضح المتوسط السنوي اليومي للطاقة الشمسية المباشرة على شكل خطوط متساوية الطاقة - وات/م²)



شكل (٢٨-٢) شدة الإشعاع الشمسية على الأسطح الرأسية الجنوبية لخط عرض ٤٠ شمالاً



شكل (٢٧-٢) شدة الأشعة الشمسية على الأسطح الرأسية الشمالية لخط عرض ٤٠ شمالاً



شكل (٢٤-٢) توزيع الطاقة المشتتة لمصر
(هذه الخريطة توضح المتوسط السنوي اليومي للطاقة الشمسية المشتتة على شكل خطوط متساوية الطاقة - وات/م²)

٢-٤-٣ الكاسرات الشمسية

يمكن تقسيم أنواع الكاسرات الشمسية ووسائل التظليل كما يلي :

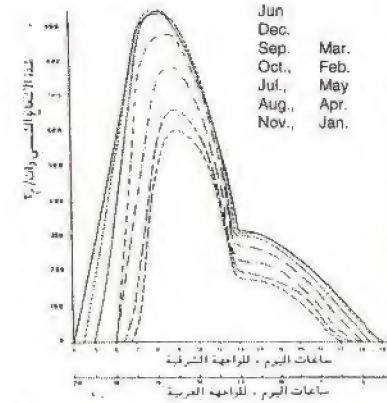
١- وسائل تظليل داخلية وخارجية

٢- وسائل تظليل أفقية وعمودية

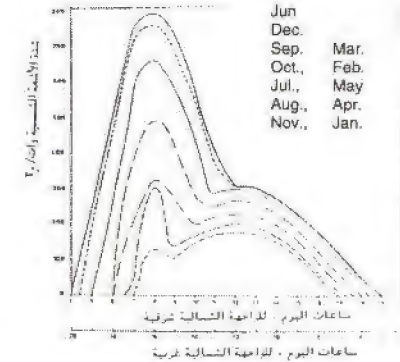
٣- وسائل تظليل ثابتة ومتحركة

ويمكن دمج عدة وسائل تظليل معاً للحصول على التظليل المطلوب، انظر شكل رقم (٢-٢٢)، (٢-٢٣) الذى يوضح أنواع وأشكال التظليل المختلفة تستعمل الكاسرات الرأسية فى الواجهات الشرقية والغربية أما الكاسرات الرأسية المتحركة فتساعد على التحكم فى دخول الأشعة الشمسية إلى داخل الحجرة فإذا وجهت الكاسرة المتحركة ناحية الشمال، فإنها تمنع دخول الأشعة صباحاً أما إذا وجهت جنوباً فإنها تمنع دخول الأشعة بعد الظهر.

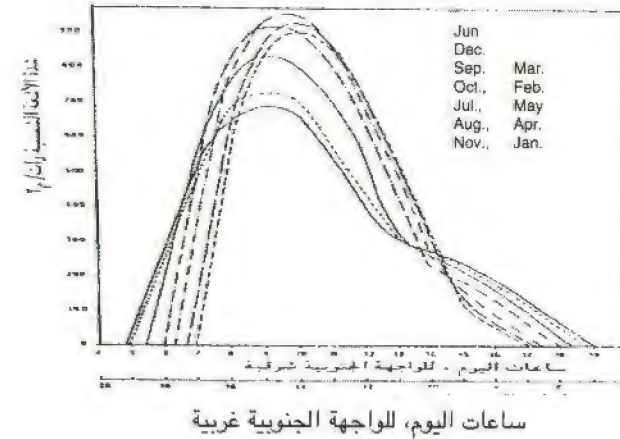
ويمكن إستعمال الشيش الخشبى ذى الأجزاء المتحركة لحماية النوافذ من تأثير الأشعة الشمسية والذي يسمح بالتهوية الطبيعية أو يمكن استعمال المشربيات الخشبية والتظليل الخارجى باستعمال النباتات والأشجار لمنع دخول الأشعة كما أنها تسمح بالتهوية الطبيعية المرغوب فيها بعد ترطيبها للهواء الساخن.



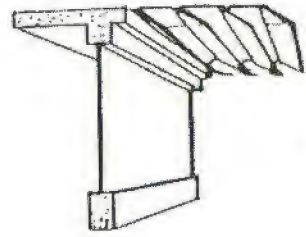
شدة الإشعة الشمسية على الأسطح الرأسية الشرقية والغربية لخط عرض ٢٠ شمالاً
شكل (٢-٢٠)



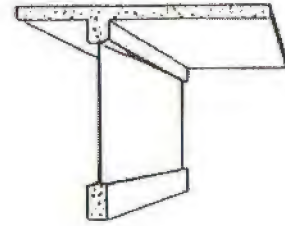
شدة الإشعة الشمسية على الأسطح الرأسية الشمالية الشرقية لخط عرض ٢٠ شمالاً
شكل (٢-٢١)



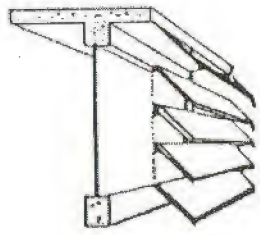
شدة الإشعة الشمسية على الأسطح الرأسية الجنوبية الشرقية والجنوبية الغربية لخط عرض ٢٠ شمالاً
شكل (٢-٢١)



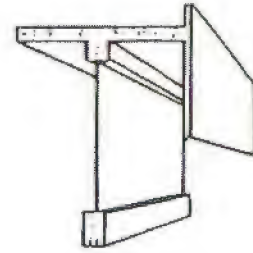
وسيلة تظليل أفقية متحركة



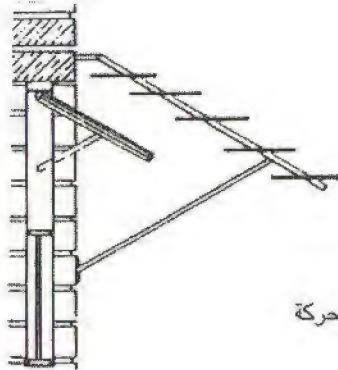
وسيلة تظليل أفقية ثابتة



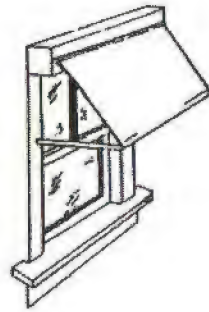
وسيلة تظليل أفقية ثابتة مع وسيلة تظليل أفقية متحركة



وسيلة تظليل أفقية وعمودية أمامية ثابتة

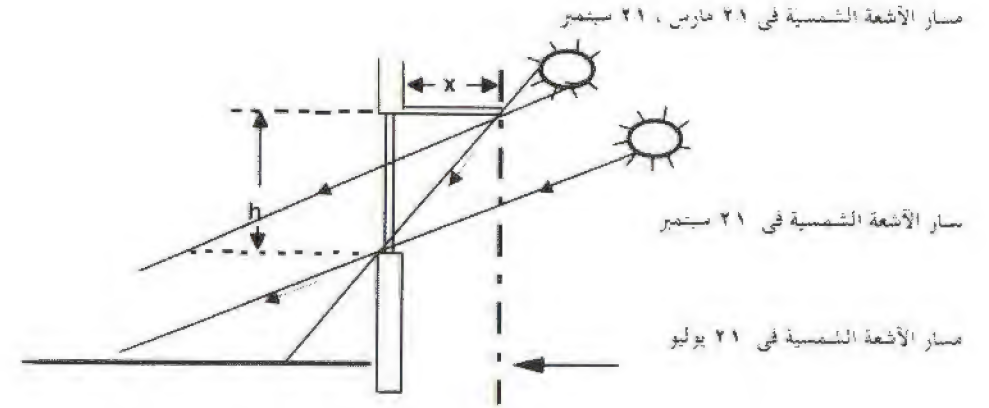


وسيلة تظليل متحركة

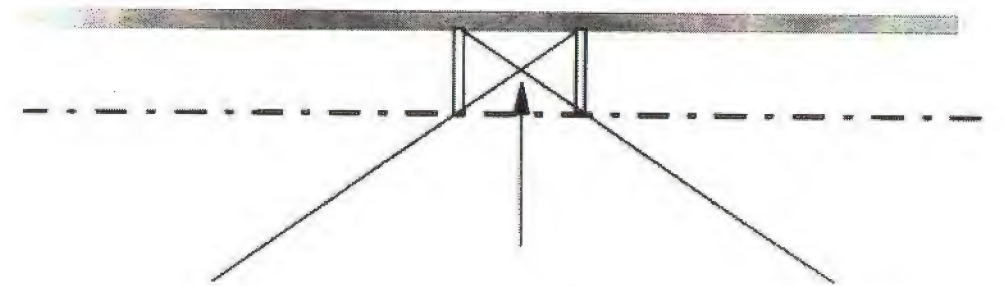


شكل (٢-٢٤)

وسائل التظليل المختلفة



شكل (٢-٢٢) يوضح مسار الأشعة الشمسية في أيام وشهور الانقلابين الصيفي والشتوي في وقت الظهيرة



مسار الأشعة الشمسية في
أبريل ٣٠ ، أغسطس قبل
١١ صباحا و بعد الساعة ١ ظهرا
مسار الأشعة الشمسية
خلال وقت الظهيرة قبل الساعة
١٥ أبريل ، ٣٠ أغسطس في
الساعة ١ ظهرا

شكل (٢-٢٣) كاسرة الشمس الرأسية ومسارات الشمس في شهري أبريل وأغسطس

مثال (١)

احسب عرض الكاسرة الشمسية الأفقية لنافذة في الاتجاه الجنوبي بحيث تمنع دخول الأشعة الشمسية خلال الفترة من ٢١ مارس حتى ٢١ سبتمبر في وقت الظهيرة وذلك لمدينة القاهرة الواقعة على خط عرض ٣٠ شمالاً علماً بأن إرتفاع الشباك ١,٨ م.

الحل :

لخط عرض ٣٠ شمالاً ليوم ٢١ مارس الساعة ١٢ ظهراً، جدول (٢-٢١) يعطى :

زاوية إرتفاع الشمس $\alpha = ٩٠$

الزاوية السمتية للشمس $\psi = ١٨٠$

الزاوية السمتية للحائط الجنوبي $\psi_w = ١٨٠$

- زاوية الظل الأفقية :-

$$HSA = \psi - \psi_w = 180 - 180 = 0^\circ$$

زاوية الظل الرأسية :

$$VSA = \tan^{-1} \frac{\tan \alpha}{\cos S_h} = 58^\circ$$

$$= \text{Window height (h) / tan (VSA)}$$

$$= 1.8 / 1.6 = 1.12 \text{ m} . \quad \text{عرض الكاسرة الأفقية للشباك} =$$

مثال (٢)

احسب عرض الكاسرة الشمسية الرأسية بجوار نافذة عرضها ١,٢ في الحائط الجنوبي بحيث تمنع دخول الأشعة الشمسية خلال فصل الصيف من ١٥ أبريل إلى ٣٠

أغسطس وذلك خلال ساعات الظهيرة.

الحل :

الزاوية السمتية للشمس ليوم ١٥ أبريل عند الساعة الواحدة ظهراً = ٢٢٠

الزاوية السمتية للجدار الجنوبي = ١٨٠

زاوية الظل الأفقية = ١٨٠ - ٢٢٠ = ٤٠

عرض الكاسرة = ١,٤ م

٣
الإضاءة الطبيعية
والإضاءة الصناعية
فى المباني

المراجع

- 1 - ASHRAE. "Handbook of fundamentals" American Society of Heating, Refrigerating and Air- Conditioning Engineers, Atlanta, 1997.
- 2 - G.B. Hanna et al, "Thermal and Acoustical Requirements of Teaching Spaces of School Buildings in Egypt. "Building Research Center & UNESCO. (1977).
- 3 - IHVE Guide, BOOK A, (1970).

الإضاءة الطبيعية والإضاءة الصناعية فى المباني

الإضاءة وصحة الإنسان	١ - ٣
الإضاءة والإرهاق	٢ - ٣
الإضاءة والأمراض العضوية	٣ - ٣
الإضاءة والراحة النفسية	٤ - ٣
كمية الإضاءة الصحية اللازمة	٥ - ٣
شدة الإضاءة الصحية اللازمة للاستعمالات المختلفة	٦ - ٣
الإضاءة الطبيعية	٧ - ٣
تصميم الإضاءة الطبيعية فى المباني	٨ - ٣
تفاصيل فتحات الإضاءة الطبيعية فى المباني	٩ - ٣
الإنارة الضوئية	١٠ - ٣
الرؤية	١١ - ٣
الألوان	١٢ - ٣
الإضاءة الصناعية	١٣ - ٣

٣- الإضاءة الطبيعية والصناعية فى المباني

الشمس هى مصدر الضوء الأساسى للكرة الأرضية وهى تبعد حوالى ١٥٠ مليون كيلو مترا عن الأرض ويزيد حجمها عن الأرض بمقدار ١٣٤ مليون مرة. وضوء الشمس يرتد نورا عند ملامسته لأسطح المباني ويتشتت عند اصطدامه بذرات الهواء فيصبح النور الذى نراه فى نور السماء.

وعند تصميم الأبنية ينحصر فكر المعمارى فى كيفية إضاءتها بالقدر الذى يساعد على الرؤية ويظهر عناصرها المعمارية وهو فى هذا يلجأ إلى وسائل مختلفة طبقا لما تقتضيه طبيعة الموقع وحالة الإضاءة. وفى بعض الأحيان يضطر المعمارى إلى الاستعانة بالإضاءة الصناعية عندما تنخفض الإضاءة فى عمق المبنى نتيجة فتح نوافذ على مناوئ أو أفنية داخلية. إلى هنا يبدو الأمر منطقيا إذا كان الغرض من الإضاءة هو الإنارة فقط.

٣-١ الإضاءة وصحة الإنسان

فى الواقع هناك عنصر فى الإضاءة له أهمية بالغة بالنسبة لحياة الإنسان، فالإضاءة التى تعتبر كافية بالمقاييس التى نعتاد عليها داخل المبنى هى إضاءة غير صحية وإليها يرجع الكثير من الأمراض التى تقضى على الإنسان وسبب من أسباب إصابته بالشيخوخة المبكرة والشعور بالإرهاق والضعف العام.

٣-٢ الإضاءة والإرهاق

فمن أبحاث أجراها الدكتور هاردى (Hardy) على مجموعة من الناس تعيش داخل أبنية إضاءتها عادية وجد أن الناس المعرضة لمثل هذه الإضاءة المتوسطة تصاب بتلف الأنسجة وتمزق الشرايين واضطراب الدورة الدموية وأمراض الكلى وضعف عضلات القلب علاوة على نقص كمية الأوكسجين بأنسجة الجسم (hypoxia) وينهى الدكتور

هاردى تقريره هذا قائلاً إن ثمن عدم إضاءة الأبنية بإضاءة كافية هو الإصابة بالشيخوخة المبكرة.

ولقد جاءت أبحاث الدكتور هنرى لوجان (Henry Logan) لتؤكد هذه الحقيقة وأنه كلما انخفضت الإضاءة زاد الشعور بالإجهاد وازدادت السموم فى الجسم والتي سرعان ما يظهر تأثيرها السئ على صحته، يقول لوجان إن الإنسان يموت قليلاً كل يوم ولكنه يموت بمعدل أسرع إذا تراكمت فى جسده السموم نتيجة الإرهاق وبمعدلات تفوق ما يستطيع الجسم التخلص منها خلال فترة النوم اليومية، وأن الطاقة المستخدمة للتخلص من هذه السموم تأخذ من طاقته الضرورية للقيام بواجباته وتكون النتيجة قلة الكفاءة فى الإنتاج والأداء السئ أيضاً.

وفى مؤتمر الإضاءة لخبراء الطاقة الذى عقد فى ولاية أوهايو الأمريكية سنة ١٩٨٠ أكد مستشارو شركة جنرال اليكتريك (GE) أهمية زيادة الإضاءة لزيادة نشاط الإنسان وأن النتائج الاقتصادية التى تترتب على هذا لا يستهان بها.

ولقد ثبت أيضاً أن للإضاءة تأثير على الجهاز العصبى للإنسان، ففى عام ١٩٦٣ قدم الدكتور راندوت (Randot) تقريراً إلى الجمعية الدولية للإضاءة بفرنسا (C.I.E) جاء فيه أن للإضاءة تأثيراً منشطاً للأعصاب وتأثيراً واضحاً على حيوية الإنسان ونشاط أعضائه وأنه فى الأيام التى تقل فيها الإضاءة أو تحت ظروف إضاءة صناعية فإن الإنسان يصاب بالخمول والكسل، ولقد درس هذا التأثير خلال ملاحظة التغيرات التى تطرأ على كرات الدم البيضاء عند تعرض الإنسان للإضاءة.

٢-٣ الإضاءة والأمراض العضوية

ولقد لاحظ الدكتور دانتسيج (Dantsig) وزملاؤه انخفاضاً ملحوظاً فى أمراض الجهاز التنفسى بين خمسة آلاف طفل من تلاميذ المدارس الذين تم تعرضهم بصفة يومية للأشعة فوق البنفسجية.

وأكد الدكتور زانكوف (Zankova) وزملاؤه أن قدرتى السمع والرؤية عند الأطفال قد تحسنت نتيجة لتعرضهم للأشعة فوق البنفسجية عن الأطفال الذين حرموا من هذه الجرعات.

وبالرغم من عدم ثبوت علاقة بين التعرض المستمر لأشعة الشمس المباشرة وسرطان الجلد إلا أن هناك ملاحظات عن انخفاض حيوية الجلد عند التعرض الشديد لهذه الأشعة وخاصة بعد ظهور مشكلة ثقب الأوزون الذى يسمح بمرور أشعه تفوق المعدل المعتاد وهذا يؤدى إلى الإصابة ببعض الالتهابات الجلدية المؤلمة.

وفى تقرير للدكتور بيتين دريغ (Pitten Drigh) الأستاذ بجامعة برنستون (Princeton) بالولايات المتحدة الأمريكية أن الإضاءة الطبيعية تنشط الجينات (Genes) فى جسم الإنسان. هذه الجينات تتحكم فى تنظيم العمليات البيوكيميائية فى الجسم مثل بدء أو إيقاف إنتاج الإنزيمات وقد وجدت مجموعات من خلايا عصبية خاصة تتأثر بالإضاءة وترسل إشارات إلى الغدد الدرقية والنخامية التى تتحكم فى إفرازات الهرمونات ونشاطها فى الجسم من حيث سرعتها أو توقفها فى الجسم.

وبالنسبة لتأثير الضوء من عدمه على النمو الجنسى يقول الدكتور ورتمان أن الظلام ينشط الغدة الصنوبرية التى تنتج هرمون الميلاتونين (Melatonin) الذى يتحكم فى نمو الغدد التناسلية بينما الإضاءة توقف هذا النشاط.

ولقد وجد ورتمان أن تعرض الإنسان المفاجئ إلى ضوء ساطع يتسبب فى إفراز الجسم لمادة الهيدروكورتيزون التى تفرزها الغدة الكظرية (Adrenal Gland) التى تنظم عملية المياه والملح فى الجسم.

ويقول ورتمان أنه بدراسة حالة ٣٠٠ من الفتيات اللاتى فقدن النظر بسبب أمراض العين وكذلك عدد مماثل من الفتيات نظرهن سليم وجد أنه كلما قل الإدراك الحسى بالضوء بدأت الفتاة فى البلوغ المبكر ويأتيها الحيض فى سن مبكرة، ومن رأيه أيضاً

أن نظام الإضاءة الطبيعية والتغيرات التي تنتابها خلال العام لها علاقة وطيدة بنظام التمثيل الغذائي للجسم إذ أنها تعمل كجهاز توقيت ينبه المخ إلى الوظائف التي يجب عليه القيام بها كما أنها تتحكم في درجة حرارة الجسم إذ يمكن تغيير حرارة الجسم بتغيير ساعات تعرض الجسم لضوء النهار. وللإضاءة أيضا أهمية في تحديد نوع الجنين وعلى تطور الأورام وعديد من الأمراض الفسيولوجية والسيكولوجية للإنسان التي تطورت خلال القرون الماضية وأنه لبقاء الإنسان والحفاظ عليه يجب أن ينمو في ظروف إضاءة مماثلة للطبيعة لحين التوصل إلى أبحاث تؤدي إلى ظروف أفضل.

وللإضاءة أيضا تأثير على كمية الدم وكذلك على الهيموجلوبين. ففي تجارب على الحيوانات أثبت أورام (Oerum) علاقة الإضاءة بكمية الدم ونسبة الهيموجلوبين فيه وأن كليهما ازداد عند التعرض للإضاءة الطبيعية وقلت هذه النسب في الظلام. ولقد أثبت جرافنبرجر (Graffenberger) ذلك أيضا وأن الحيوانات التي تركها في مكان إضاءته قليلة قلت فيها نسبة الهيموجلوبين وأن كمية الدم بها قد نقصت أيضا وعزز مارتى هذا البحث بنتائج توصل إليها تشير إلى ازدياد كمية الهيموجلوبين عند تعرض الحيوانات للإضاءة الطبيعية.

وبالنسبة للإنسان فلقد قام فنسن بتجارب على تسعة وعشرين شخصا لدراسة تأثير التغيرات الضوئية على دمائهم فوجد أن نسبة الهيموجلوبين عندهم انخفضت في الشتاء عما كانت عليه صيفاً وعزا هذا إلى انخفاض كمية الضوء وكذلك الأشعة فوق البنفسجية شتاءً.

وفي محاولة لإثبات أن زيادة الإضاءة تطيل من عمر الإنسان قامت مجموعة من العلماء منهم بوس (Boss) وديجيكرمان (Dijkman) وراسل (Russel) بإجراء تجارب على أنواع معينة من النباتات التي لها دورة حياة قصيرة وفي الإمكان مراقبة الأبحاث عليها لعدة سنوات. وكانت النتيجة التي توصلوا إليها عام ١٩٦٣ أن معدل نمو

هذه النباتات وإنتاجها وكذلك طول حياتها إزدادت طرديا بازدياد كمية الإضاءة الساقطة عليها من ٤٢٠ إلى ١٧٠٠ قدم/ شمعة ويؤكد هؤلاء العلماء بأن التعرض لجرعات منتظمة يومية من الإضاءة لازمة للمحافظة على الصحة واستمرار الحياة وينطبق هذا على الكائنات الحية من نبات وحيوان ومنها الإنسان بدليل أن الإنسان نشأ أصلا في مناطق شبه استوائية حيث يبلغ متوسط الإضاءة بها علي مدار السنة خلال ساعات النهار ٣٥٠٠ قدم/ شمعة.

٣-٤ الإضاءة والراحة النفسية :

يبدو أن متطلبات الإضاءة لا تقتصر فقط على وضوح الرؤية أو تنظيم وظائف أعضاء الجسم بل أن المطلوب من الإضاءة أيضا هو التخفيف من الصراع النفسي الذي يعاني منه الإنسان نتيجة للعالم الصناعي الذي لم يثبت نجاحه في التوفيق بين غرائزه التي تدفعه ليعيش طبيعياً وبين أسلوب الحياة المصطنع الذي يفرض على الإنسان أن يتعايش معه.... وعن هذا الصراع النفسي يقول الدكتور شيرد (Sheard) أن ذلك يؤثر على توازن الإنسان الداخلي مع العالم الخارجي المحيط به ويمكن التخفيف من حدة هذه المشكلة بزيادة مستوى الإضاءة لأن من طبيعة العين أنها تفصل ما يصل إليها من أضواء إلى مجموعتين.

المجموعة الأولى هي الأشعة التي تصل إلى مركز الرؤية بالمخ (Cortex) والتي تترجم إلى معلومات والمجموعة الثانية هي من الإضاءة الآتية من الأشياء المحيطة بمجال البصر وهذه تصل إلى الجزء الأمامي من المخ القريب من الجبهة (Diencephalon) وهذا الجزء هو الذي يمد الإنسان بإحساساته وانطباعاته وعواطفه ويعكس استجابة الإنسان الفطرية لهذه الأحاسيس، وهذا الجزء الأمامي من المخ هو المسئول عن الحركات اللا إرادية التي تصدر من الإنسان عندما يفاجأ بالانفعالات والصدمات. وتزداد حدة هذه الانفعالات والصدمات ويصاب هذا الجزء من

المخ بالارتباك عند تواجد الإنسان في البيئة الصناعية ويظهر هذا الارتباك على هيئة حركات لا شعورية قد تعرض حياة الإنسان للخطر مثال ذلك أن يرتد المرء الى الخلف فجأه عندما يواجه بشئ يهدده وقد يصطدم أثناء ذلك بأله أو ينزلق على سلاله.

ومما يزيد من حدة المشكلة هذا الصراع الذى ينشأ لدى الإنسان بين ما يميل إليه بالسليقة وشعوره الغريزي والفطري وبين ما يرسله عقله من إشارات تنبهه إلى أن ما فعله غير مقبول ويحرمه المجتمع، إن هذه التحذيرات التى تتعارض مع أهوائه تشكل له نوعاً آخر من المشاكل منها تراكم الإحباطات التى عنى بها سابقاً والتى تؤدى فى النهاية إلى إصابته بأمراض لا تساعد على الاستمرار فى الحياة مثل ضغط الدم وأمراض القلب.

إن مستويات الإضاءة التى تخفق فى إيضاح غموض المكان ومكوناته قد تكفى مركز الرؤية فى المخ ليقوم بوظيفته إلا أنها تفشل فى إمداد مقدم المخ المسئول عن الاستجابة الفطرية للإنسان بالمعلومات اللازمة له ليكتمل له الانفعال اللازم للتعامل مع البيئة المحيطة به... إن زيادة كمية الضوء ستقلل من الغموض المحيط به وتساعد على استيعاب المثيرات وكذلك الحفاظ على توازنه مع البيئة. وإنه لن يوجد أفضل من الإضاءة الطبيعية كمصدر لإمداده بوفرة من هذه المعلومات.

٣-٥ كمية الإضاءة الصحية اللازمة

فما هى إذن أقل إضاءة يستطيع الإنسان أن يعيش فيها دون أن يتعرض لمثل هذه الأخطار؟ إن أعمال الدكتور ديجيكمان (Dijkman) تشير إلى أن الإنسان لا يجب أن يعمل تحت إضاءة أقل من ١٠٠٠ قدم/شمعه وتزداد هذه القيمة لتصل إلى ٢٥٠٠ قدم/شمعه عند الذروة وتسمى هذه النسب بالإضاءة الصحية.

بقى أن نعلم أن متوسط الإضاءة تحت سماء مصر أعلا من هذه المعدلات وأن شدة الإضاءة عند الظهيرة فى الأيام المشمسة تصل إلى حوالى ٣٥٠٠ قدم/شمعه بينما

تنخفض هذه القيمة حتى تصل إلى أقل من ١٠٠٠ قدم/شمعه عندما تتلبد السماء بالغيوم.

ومن أهمية كمية الإضاءة لحياة الإنسان يؤكد الدكتور شيرد (Sheard) أن عملية الرؤية فقط تستهلك ربع الطاقة الكلية اللازمة للجسم فى حالة الإضاءة الصحية والنظر السليم. وأن أى نقص فى هذه الإضاءة معناه استنزاف الطاقة من الجسم لتعويض هذا النقص.

إن استنزاف العين لسعرات إضافية من الجسم لتؤدى وظيفتها يقلل من نشاط الجسم ويشعره بالإرهاق وبالتالي يتعرض الشخص نتيجة للخطأ وعدم كفاية الانتباه. هذا علاوة على أمراض الكلى نتيجة فشل الكلى فى التخلص من سموم الجسم لأن الكلى لا تستطيع الحصول على السعرات اللازمة للقيام بوظيفتها. ويوضح جدول (٣-١) شدة الإضاءة اللازمة للاستعمالات المختلفة.

ويقول كل من ثورنجتون (Thorington) وكاندولا (Candola)، وكاننجهام (Cunningham) أن الإضاءة الطبيعية تختلف فى تكوينها حسب التغيرات والتقلبات الجوية إلا أن المهم من هذا الضوء هو الذى له علاقة مباشرة بحياة الإنسان وأن الأشعة فوق البنفسجية التى تتراوح طول موجتها من ٢٩٠ إلى ٣٢٠ نانوميتر (واحد نانوميتر = واحد على بليون من المتر) لها دور كبير فى حياة الإنسان وكذلك لعلاقتها بسرطان الجلد، هذه الأشعة تمثل فى مجموعها ١.٥٪ من إشعاع الشمس خارج مجال الأرض ولكنها تقل حتى تصل إل ١٪ قرب سطح الأرض نتيجة لامتصاص الأوزون الموجود فى الغلاف الجوى لها ويزداد تعرض الإنسان لهذه الأشعة فى فترة الصيف أضعاف ما يحدث فى فصل الشتاء، وتساعد هذه الأشعة البالغين على امتصاص الكالسيوم وتقيد فى علاج الأطفال من أمراض لين العظام، إلا أن زجاج النوافذ العادى يمتص معظم هذه الأشعة ولا يستفيد منها الإنسان رغم امتلاء الحجرة بأشعة الشمس وضوء النهار.

نوع المبنى	المكان	معامل ضوء النهار %
سكنى	- صالات المعيشة - حجرات النوم - المطابخ	١ ٠,٥ ٢
المكاتب والبنوك	- أماكن الجمهور - آلات الطباعة - حاسبات آلية - مكاتب	٤
استوديوهات الرسم	- الأماكن العامة - طاولات الرسم	٢ ٦
صالات الاجتماعات والموسيقى	- المداخل - صالات الاجتماعات والسلالم - الطرقات	١ ٠,٥
المكتبات	- الأرفف - طاولات القراءة - مخازن الكتب	١
المعارض والمتاحف	- الصالات عموماً - على المعروضات واللوحات	١
المدارس والكليات	- قاعات المحاضرات وصالات الاجتماعات - صالات الرسم وفصول الأشغال - المعامل (المناضد) - حجرات هيئة التدريس - صالات الاجتماعات	٦ ٢ ٤ ٣
المستشفيات	- عنابر المرضى - الاستقبال والإنتظار - الأخزانات	١ ٢
صالات الألعاب	- الصالات عموماً	٣
حمامات السباحة المغلقة	- حمام السباحة - المساحات المحيطة بالحمام فى جميع الأنوار	٢

معامل ضوء النهار % = (مركبة السماء + مركبة الانعكاسات الخارجية + مركبة الانعكاسات الداخلية) /

جدول (١-٣) معامل ضوء النهار فى حالة الإضاءة الطبيعية من الشبابيك الجانبية

وفى بحث مقارن بين ما يحتاجه الإنسان فى مختلف الأعمار من الإضاءة، توصل كل من مورتنسن (Mortenson) وريتشارد بلاكويل (Blackwell) إلى أن الناس بين الأعمار من ٣٠ إلى ٤٠ عاماً تحتاج إلى كمية إضاءة مقدارها ١٠.١٧ مرة ما يحتاجه من هم فى سن ٢٠ إلى ٣٠ عاماً لكي يحصلوا على نفس الوضوح فى الإضاءة وأن كبار السن بين ٦٠، ٧٠ عاماً يحتاجون إلى كمية إضاءة مقدارها ٢٥١ مرات قدر الإضاءة اللازمة للشباب بين ٢٠، ٣٠ عاماً لكي يروا بنفس القدر من الوضوح.

ولقد قامت مجموعة من العلماء بدراسة ما إذا كانت الإضاءة الداخلية التى يصممها المعماريون كافية للمحافظة على حياة الإنسان وكان على رأس هؤلاء الدكتور نير (Ncer) بالمستشفى العام بولاية ماساشوستس الأمريكية ولقد قاموا بالكشف عما إذا كان مركب فيتامين "د" (D) كما تبين بواسطة امتصاص الجسم للكالسيوم له علاقة بالإضاءة الفعلية فتبين: س

١- أن مركب فيتامين (د) هام للإنسان حتى بالنسبة للذين يتناولون وجبات غذائية كاملة.

٢- أن كمية فيتامين (د) الموصوفة كجرعة يومية للمسنين غير كافية.

وإنه بناء على ما تقدم يجب عند تصميم الإضاءة الداخلية للأبنية التى يشغلها الإنسان أن تزداد الإضاءة بها - طبيعية كانت أو صناعية - إلى درجة تقارب الإضاءة الطبيعية بالخارج وأن ذلك فى غاية الأهمية، ولقد لاحظ الدكتور بورنشتين (Marc Bornstein) أن التعرض للأشعة فوق البنفسجية يزداد كلما اقتربنا من خط الاستواء وعليه فإن التعرض للأشعة فوق البنفسجية بشدة يؤثر على قرنية العين ويصبغها باللون الأصفر وهذا اللون يجعل العين تمتص الموجات الضوئية القصيرة قبل أن تصل إلى الأجزاء الداخلية فى العين الحساسة للضوء وينتج عن ذلك خلط فى تمييز الإنسان بين اللون الأزرق واللون الأخضر.

٢-٦ الإضاءة الطبيعية

وتمتاز الإضاءة الطبيعية عن الصناعية بكونها متغيرة الشدة حسب حركة الشمس ومسار السحب وهذه التغيرات فى الإضاءة بدرجاتها وألوانها المختلفة ضرورية للحفاظ على ذكاء الفرد وتكيفه مع المكان الذي يعيش فيه بعكس الإضاءة الصناعية الثابتة التى تثير الملل والضجر.

ولقد أجمع كثير من العلماء مثل هيرون (Heron) وبيكستون (Bexton) وهيب (Hebb) وبراونفيلد (Brounfield) وكذلك بعض الجامعات مثل جامعة ماكجيل (McGill) بكندا وجامعة برنستون (Princeton) وميامى بأمریکا على أن الإنسان يحتاج إلى التغيير المستمر فى المرنیات حتى يحافظ على مستوى ذكائه، وأن الحرمان من هذه التغيرات إن طال يصيب الإنسان بهلوسة فى الرؤية وكذلك حاسة السمع علاوة على انخفاض مستوى ذكائه.

وفى المركز الطبى لجامعة ديك (Dake) بأمریکا قام كل من الأساتذة مورفى (Murphy)، وكليجبورن (Clegborn) عام ١٩٥٤ وكذلك سلفرمان (Silverman) عام ١٩٦١ بدراسة أثر تعرض الإنسان لمرئیات لا يطرأ عليها تغيير فوجدوا أن مثل هذا الثبات له أثر سئ بالنسبة لمعدلات إفراز الهرمونات ونشاط مركز الأعصاب والجهاز التنفسى وحيوية الأوعية الدموية القريبة من الجلد وكذلك مقدرة الإنسان على الإحساس. إن الإضاءة الطبيعية توفر التغيرات المطلوبة فى الأشكال المحيطة به وتساعد الإنسان على الاستمتاع بالحياة والصحة الجيدة.

لقد اتضح الآن بما لا يدع مجالاً للشك أن الحرمان من الإضاءة داخل الأبنية تسببت فى كثير من المشاكل الصحية والنفسية والاجتماعية مما حدا بالعلماء من الأطباء والمتخصصين بأن ينادوا بالعودة إلى الإضاءة الطبيعية فى المباني واعتبارها تأتي فى الأهمية بعد الغذاء بالنسبة للإنسان. ولذلك يجب اعتبار الإضاءة الطبيعية فى

المباني من أهم الأساسيات فى تصميم الأماكن التى يعمل أو يعيش فيها الإنسان. أضف إلى ذلك الناحية الجمالية التى يشعر بها الساكن عند رؤية مظاهر الحياة عبر النواقد وإحساسه بتغيير الأوقات وتغيير حركة الشمس وما يتبعه ذلك من تغيير فى الأضواء والألوان والتباين فى المناظر الطبيعية. وباعتبار المنطقة التى نعيش فيها غنية بالطاقة الشمسية والإضاءة الطبيعية فإن اللجوء إلى الإضاءة الصناعية نهائياً فى هذه الظروف يعتبر إهداراً للطاقة الكهربائية بدون مبرر.

وإذا نظرنا إلى مدارسنا ومستشفياتنا وبيوتنا وكل مبنى يعمل فيه الإنسان نجد أن بداخل هذه الأبنية أماكن لا يصل إليها ضوء النهار بالقدر الذى نستغنى به عن الإضاءة الصناعية وهذا يبرز الحاجة إلى الجمع بين الخبرات الهندسية والمعمارية للوصول إلى أفضل نظم الإضاءة الطبيعية اللازمة والكافية لإتمام العمل المطلوب داخل الأماكن المبنية.

إن المهارة فى تصميم النوافذ من أجل إضاءة جيدة واستخدام الأساليب العلمية لتقليل السلبات التى تنشأ بسبب عمل فتحة يدخل منها الهواء والحرارة والضوء تستدعى المعرفة الجيدة بتاريخ العمارة والتطورات التى توالى عبر القرون من أجل تصميم فراغ مريح للإنسان يستطيع أن يحيا فيه حياة صحية بالإضافة إلى تفهم التقنيات الحديثة التى حلت مشكلة التكامل بين الإضاءة الطبيعية والعناصر البيئية المصاحبة لها.

أما مصدر الإضاءة المستخدمة فى تصميم الإضاءة الطبيعية فهو أما من السماء أو من الشمس.

ويوضح شكل (٣-١) مستويات الإضاءة فى حالة السماء الصافية والمبلدة بالغيوم. والإضاءة من السماء تكون بواسطة تأثير الشمس على الذرات وبخار الماء الموجود بالسماء القريبة من الأرض، وحيث أن الأرض تدور حول نفسها وحول الشمس

ولكن على محور مائل بمقدار حوالي ٢٣.٥ درجة فإن كمية الضوء تتغير سواء خلال اليوم أو خلال العام فإذا أضفنا إلى ذلك تكون السحب وتحركها بواسطة الرياح فإننا ندرك ما يعنيه ذلك بالنسبة للمصمم الذي يأخذ كل هذه العوامل في الاعتبار عند تصميم الأبنية سواء بالنسبة للسماء الصافية أو السماء المليدة بالغيوم.

٧-٣ تصميم الإضاءة الطبيعية في المباني :

نظراً لأن الإضاءة الطبيعية تأتي في المرتبة الثانية بعد الغذاء في الأهمية ولا يستطيع الإنسان العيش معافاً بدونها فإن التصميم الجيد يجب أن يشتمل على:

١- إضاءة عناصر المبنى بالإضاءة الطبيعية.

٢- تخصيص أماكن بالمبنى يمكن للإنسان أن يستفيد من الأشعة فوق البنفسجية مع مراعاة عامل الخصوصية.

٣- زيادة الإضاءة طبيعية كانت أو صناعية إلى أكبر قدر ممكن حتى تقارب الإضاءة الطبيعية في الخارج.

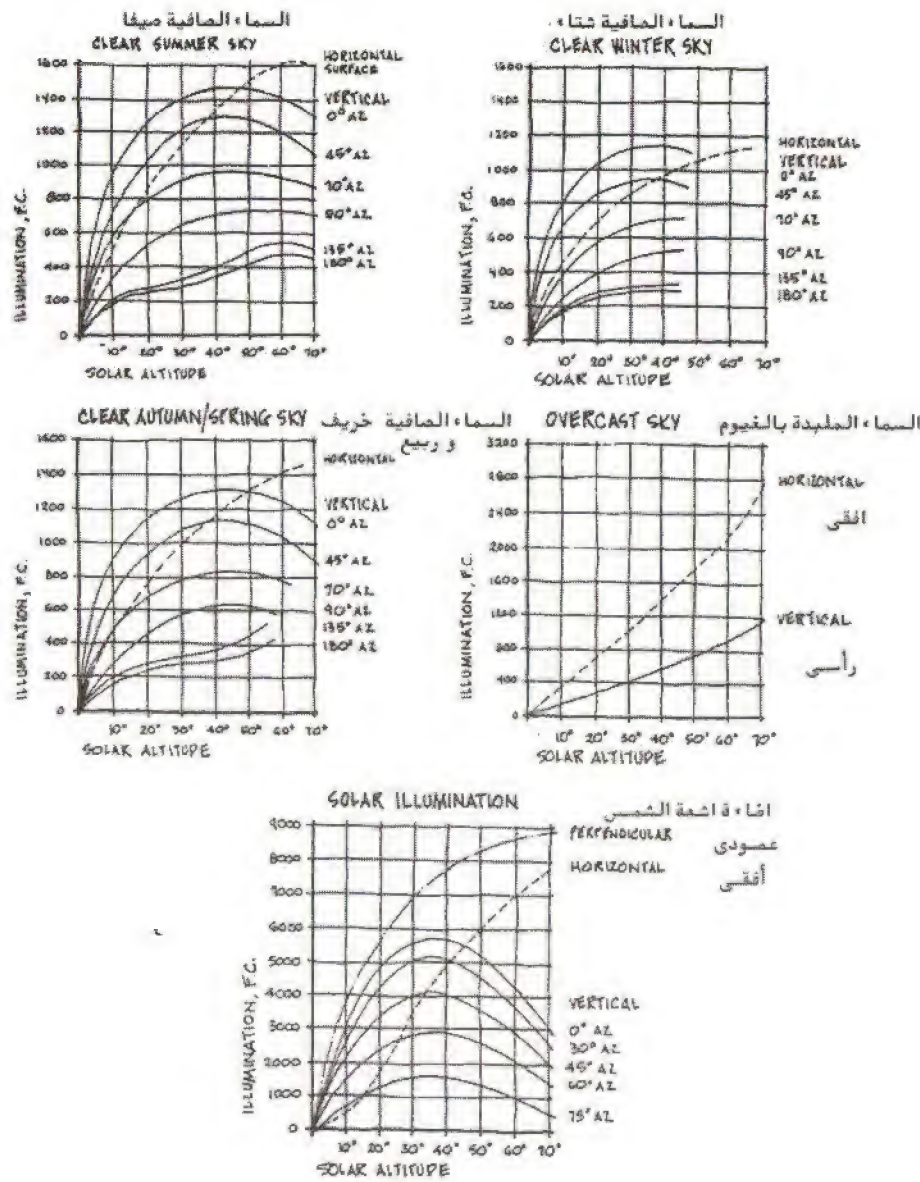
٤- السماح لأشعة الشمس بالنفاذ داخل عناصر المبنى ساعة على الأقل يومياً.

٥- التحكم في توزيع الشبائيك بحيث تحقق عامل الخصوصية حتى لا يفلق الناس الشيش طوال النهار.

٦- الإقلال من الألوان داخل المبنى ويكون اللون الأبيض والألوان الفاتحة هي الغالبة.

٧- أن يكون بكل حجرة شباك بقدر الإمكان أن موزعان على حائطين حتى لا يحدث زغلة بالداخل.

٨- أن يراعى في تخطيط المواقع ارتفاعات المباني والمسافات بينها وألا يحجب الضوء عن المبنى مبنى آخر قريب منه ويواجهه.



شكل (١-٣) مستويات الإضاءة في حالة السماء الصافية والمليدة بالغيوم

٩- أن ما نراه من الضوء يمثل ١ : ٧٠ من مجموع الموجات الضوئية التي يتكون منها الضوء ولذا يجب أن ينظر إليه بالنسبة إلى تأثيره الكلى على الإنسان... إن التوازن الفسيولوجى والسيكولوجى للإنسان يعتمد بدرجة كبيرة على المعلومات التى يحملها إليه الضوء التى يستقبلها الجسم بدون وعيه وتأتى مفعولها فيه.

وتوجد أربعة طرق لقياس الإضاءة الطبيعية فى المباني هى :-

١- طريقة عامل ضوء النهار.

٢- طريقة اللومن.

٣- طريقة القبة السماوية الاصطناعية.

٤- طريقة برامج الحاسب الآلى.

أما الطريقة الأكثر واقعية ويمكن حسابها بسهولة لمختلف أجزاء المبنى فهى الطريقة الأولى، أى طريقة عامل ضوء النهار. أما الطرق الأخرى مثل طريقة اللومن فإنها تتعامل مع النافذة وكأنها لوح مضئ مثل كشافات الفلورسنت، وطريقة القبة السماوية الاصطناعية تحتاج إلى عمل نموذج لقبة السماء وإضاءتها بإضاءة مشابهة لضوء السماء ثم وضع النموذج بداخلها بما فيه من كاسرات شمس وألوان وقياس الإضاءة بالداخل، وهذه الطريقة تعنى أن يقاس الضوء بعد عمل تصميم وتنفيذ النموذج ويشترط ألا يقل قطر قبة السماء هذه عن ٦ أمتار لإمكان دخول الإنسان بداخلها. وقياس الإضاءة للنموذج المطلوب دراسته بطريقة صحيحة وسليمة مع استخدام الأجهزة الضوئية ذات الخلايا الضوئية الحساسة والدقيقة، لذلك فهو غير عملى. أما طريقة الحاسب الآلى فهى وإن كانت دقيقة إلا أن كل برنامج يتعامل مع نوع واحد من الفتحات، مثلاً الفتحات فى الحوائط الرأسية أو الفتحات على الأسقف الأفقية فقط ولذلك فإن معامل ضوء النهار هو الطريقة المثلى التى يستخدمها المصمم للحصول على قراءات تساعد على تصميم إضاءة طبيعية جيدة.

ويحسب معامل الإضاءة الطبيعية على أساس مجموع ثلاث مركبات من الضوء تدخل من خلال فتحة الشباك إلى سطح معين داخل الفراغ فى الحجرة.

١-٧-٣ مركبات الإضاءة الطبيعية الداخلية:

يمكن تحليل ضوء النهار الذى يصل إلى نقطة فى الفراغ الداخلى إلى ثلاث مركبات Components

١- مركبة السماء (Sky Component (SC وهو الضوء الصادر من الجزء المرئى من السماء فى هذه النقطة.

٢- المركبة المنعكسة من العناصر الخارجية

Externally Reflected Component (ERC)

وهو الضوء المنعكس من أسطح واجهات المباني الخارجية المقابلة.

٣- المركبة المنعكسة من العناصر الداخلية

Internally Reflected Component (IRC)

وهو الذى يصل إلى النقطة بعد دخوله من النافذة وانعكاسه على الأسطح الداخلية. ويعمل هذا التحليل إلى العناصر الثلاثة بوجود مؤثرات خارجية مختلفة لكل عنصر على حدة. انظر الشكل (٣-٢).

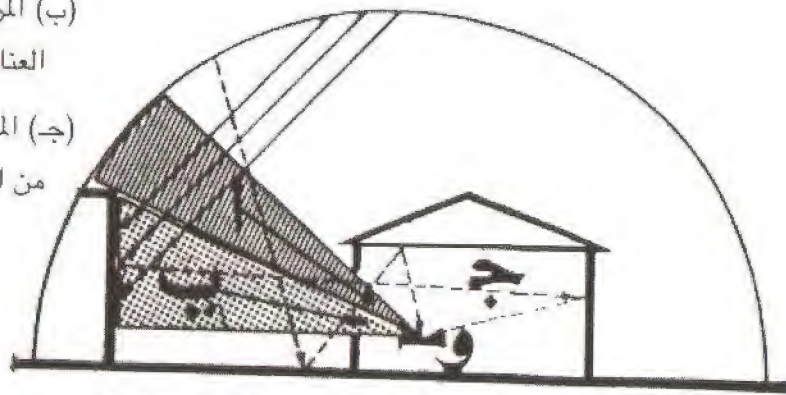
(أ) مركبة السماء

(ب) المركبة المنعكسة من

العناصر الخارجية

(ج) المركبة المنعكسة

من العناصر الداخلية



شكل (٢-٣) مكونات الإضاءة الطبيعية لنقطة (و)

٣-٧-٢ قياس مركبات الإضاءة الطبيعية الداخلية

٣-٧-٢-١ مركبة السماء

ويتم إيجادها بيانياً في ذلك منقطة خاصة صممها مركز أبحاث البناء البريطاني (شكل ٣-٣)، حيث تنقسم إلى جزئين - الأعلى رقم ١ وهو خاص بقياس مركبة السماء في القطاع الرأسى للغرفة وعليه تدريجان، الداخلى يقيس زاوية الإرتفاع والخارجى يقيس مركبة السماء.

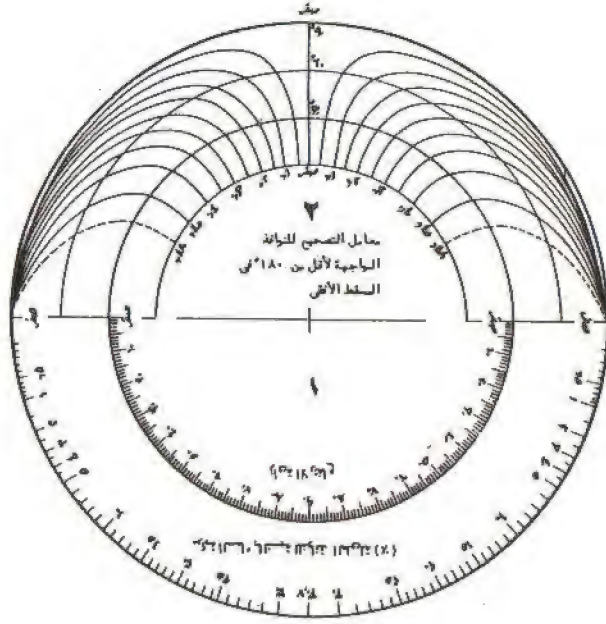
أما الجزء الأسفل رقم ٢ فهو خاص بتصحيح الخطأ الناجم عن تغير عرض الشباك وذلك في المسقط الأفقى.

وتتبع الخطوات التالية في القياس (شكل ٣-٤) :

- ١- يرسم قطاع رأسى في الغرفة عمودى على مستوى الشباك.
- ٢- يحدد مستوى النشاط في نقطة معلومة يرمز لها (و) وهى المطلوب قياس المركبة عندها.

٣- يتم توصيل النقطة (و) بجلسة الشباك (ج)، ويعتب الشباك (ع).

٤- توضع المنقلة بحيث ينطبق مركزها مع النقطة (و) وتنطبق قاعدتها مع الخط الأفقى المار بمستوى النشاط Working Plan.



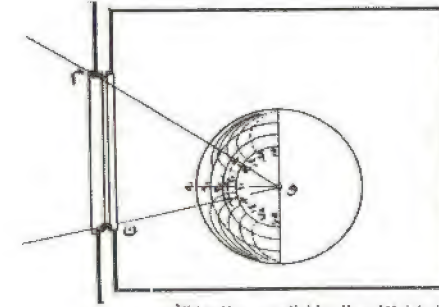
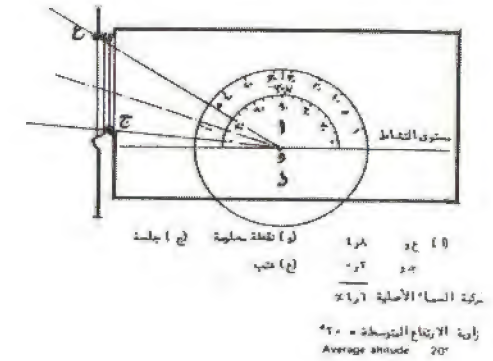
شكل (٣-٢) منقطة الإضاءة الطبيعية

ملحوظة : إذا كانت جلسة الشباك منخفضة عن مستوى النشاط فالجزء المحصور بين مستوى النشاط وجلسة الشباك المنخفضة عنه لا يدخل في القياس.

- تقرأ القيم حيث يقطع الخطان (ع و)، (ج و) التدريج للمنقلة ليكون الفرق هو مركبة السماء.

- يمكن الحصول على متوسط زاوية ارتفاع الأشعة الضوئية بقراءة القيم على التدريج الداخلى للمنقلة وجمعها ثم قسمتها على ٢ لإعطاء المتوسط (أنظر المثال على الشكل).

وجلسة الشباك المنخفضة عنه لا يدخل في القياس .



(ب) طريقة استعمال معامل التصحيح من السمت الأرضي
تؤخذ القراءات على الدائرة ٢٠°
ن و ١٠٨ شكل ٩٥ : قياس مركبة السماء
معامل التصحيح ٠٠٠
مركبة السماء الفعلية : ١٠٨ × ٠٠٠ = ١٠٨

شكل (٢ - ٤) قياس مركبة السماء

معامل التصحيح أو القياس في المسقط الأفقي :

يلاحظ أن القياس السابق يعطى مركبة السماء بالنسبة لشباك معلوم الارتفاع (في القطاع الرأسى) ولكن غير محدد العرض (في المسقط الأفقى)، ولإيجاد معامل التصحيح يستعمل الجزء الأسفل رقم ٢ من المنقلة، وتتبع الخطوات التالية :

- ١- يرسم مسقط أفقى للحجرة مع تحديد فتحة الشباك والنقطة (و).
- ٢- توصل النقطة (و) بنهايتى الشباك (م)، (ن).
- ٣- توضع المنقلة بحيث ينطبق مركزها مع النقطة (و) وتوازى قاعدتها خط الشباك بحيث تكون القراءات مواجهة للشباك.
- ٤- يرسم على المقياس من صفر إلى ٩٠ نصف دائرة وهمى (منقط) ليحدد زاوية

الارتفاع السابق إيجادها في القياس على القطاع الرأسى (وهى هنا ٥٢٠).

٥- تحدد نقط تقاطع نصف الدائرة المنقطة مع (م و)، (ن و) وتقرأ قيمتها على المنحنىات المبنية على المقاس الداخلى.

فيكون معامل التصحيح هو :

- مجموع القراءتين، إذا كانت نقطتا التقاطع تقعان على جانبى محور المنقلة الأفقى.
- أو فرق القراءتين، إذا كانت نقطتا التقاطع تقعان على جانب واحد فقط من المحور ويعطى حاصل ضرب معامل التصحيح في مركبة السماء الأصلية (من القياس الأول) المركبة الخاصة بالشباك المعلوم عرضه وارتفاعه.

٢-٢-٧-٣ المركبة المنعكسة من العناصر الخارجية :

وتستعمل بها نفس المنقلة السابقة (شكل ٣-٥)

إذا كان هناك عائق أمام الشباك، يكون الحد الأسفل لمركبة السماء خطأً مستقيماً يرسم من النقطة (و) إلى أعلى نقطة فى هذا العائق. ويمثل الجزء المحصور بين هذا المستقيم والمستقيم (ج و) الواصل بن الجلسة والنقطة (و) المركبة المنعكسة من العناصر الخارجية، وتتم قراءته على التدريج الخارجى مثل ما تم فى قياس مركبة السماء ويطبق التصحيح بنفس الطريقة السابق ذكرها.

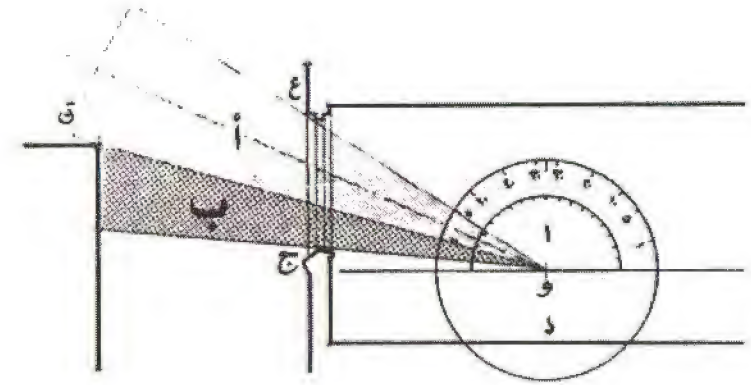
٣-٢-٧-٣ المركبة المنعكسة من العناصر الداخلية :

لتبسيط قياس هذه المركبة وبعيداً عن الطرق الحسابية تم إعداد مقياس خاص لإيجاد متوسطات المركبة المنعكسة الداخلية لضوء النهار (شكل ٣-٦) وذلك باتباع الخطوات التالية :

- ١- تحسب نسبة مسطح الشباك إلى المسطح الكلى (السقف + الأرضية + الحوائط بما فيها الشبايبك) ثم توضع على المقياس (أ).

٥- فى حالة وجود عائق خارجى تحدد زاوية ارتفاع أعلى نقطة بالعائق على المقياس (د).
(د).

٦- يرسم مستقيم بين النقطة الموجودة على المقياس (د) والنقطة التى تم إيجادها على المقياس (ج) من خطوة رقم ٤، وتحدد نقطة تقاطع هذا المستقيم (هـ) المركبة المنعكسة المعدلة.



شكل (٥-٣) قياس المركبة المنعكسة من العناصر الخارجية

(أ) مركبة السماء (ب) المركبة المنعكسة من العناصر الخارجية

(ق) أعلى نقطة فى العائق

تؤخذ القراءات كالتالى

و ع ٨ر٤، وق ٩ر٠، وج ٩ر٠

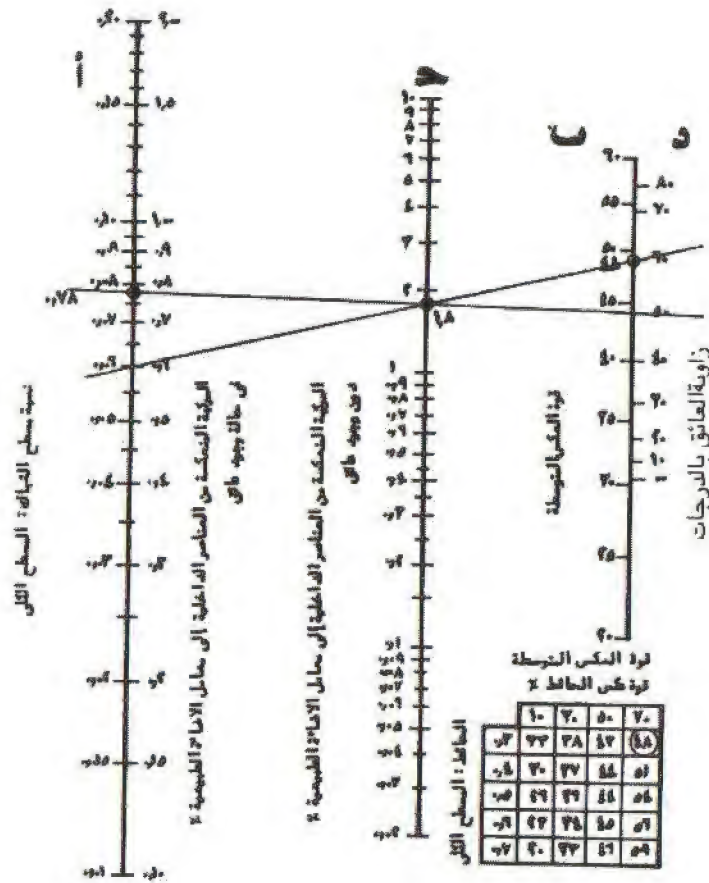
مركبة السماء (أ) = ٨ر٤ - ٩ر٠ = ٩ر٣

المركبة المنعكسة (ب) = ٩ر٠ - ٩ر٧ = ٧ر٠

٢- يستنتج متوسط قوة العكس باستخدام الجدول الموجود بالمقياس، ويكون ذلك بإيجاد نسبة مسطح الحائط موضع الدراسة بالنسبة للمسطح الكلى وتوقيعه على العمود الأفقى، ثم إيجاد قوة العكس (%) لمادة نهو الحائط (راجع جدول ٥-٣) وتوقيعها على العمود الرأسى ثم قراءة القيمة المطلوبة من تلاقى الرقمين فى الجدول.

٣- توقع القيمة الناتجة من الخطوة السابقة على المقياس (ب)

٤- يرسم مستقيم يصل بين القيمتين على (أ)، (ب) فيعطى تقاطعه مع المقياس (ج) قيمة المركبة المطلوبة.



شكل (٦-٣) قياس المركبة المنعكسة من العناصر الداخلية

الموقع	زاوية الميل	استخدام الغرفة	
		صناعة نظيفة أو أى غرض آخر	صناعة ملوثة
منطقة صناعة نظيفة	رأسية	٠,٩	٠,٨
أو منطقة غير صناعية	مائلة	٠,٨	٠,٧
	أفقية	٠,٧	٠,٦
منطقة صناعية ملوثة	رأسية	٠,٨	٠,٧
	مائلة	٠,٧	٠,٦
	أفقية	٠,٦	٠,٥

جدول (٢-٣) معامل الصيانة للزجاج

نوع الزجاج	المعامل
زجاج مصنف نمره ١	١,٠٠
زجاج مصقول مسلح بأسلاك رفيعة	٠,٩٥
زجاج مسلح بأسلاك رفيعة	٠,٩٠
زجاج مموج غير مصقول	٠,٩٥
زجاج ملون	١,٠٠
زجاج معشق	٠,٩٥ - ٠,٨٠
زجاج ٦ مم ضد الشمس	٠,٨٥
زجاج ٦ مم كالوركس	٠,٥٥
زجاج عادى مزدوج	٠,٨٥
ألواح بلاستيك شفافة	٠,٩٠ - ٠,٦٥

جدول (٣-٣) معامل الزجاج غير الشفاف

بفرض أن :

نسبة مسطح الشباك : المسطح الكلى = ٠,٦

نسبة الحائط موضع الدراسة : المسطح الكلى = ٠,٣

قوة عكس الحائط = ٠,٧

زاوية العائق الخارجى = ٠,٥٠

.. قوة العكس المتوسطة = ٤٨٪ (من الجدول)

- المركبة المنعكسة من العناصر الداخلية دون = ١٨٪ (من المقياس جـ)

أعتبار العائق

, المركبة المعدلة المنعكسة من العناصر الداخلية = ٧٨٪ (من المقياس هـ)

بأعتبار العائق

العوامل المؤثرة فى مركبات الضوء

وتتأثر المركبات الثلاث السابق ذكرها بثلاثة عوامل يجب أخذها فى الاعتبار عند التصميم وهى :

أ- عوامل الصيانة (ص) Maintenance Factor, أى نظافة الزجاج ومعالجة أية أسباب أخرى تؤثر على درجة نقاء شفافيته، والجدول التالى (٢-٣) يوضح هذا المعامل فى منطقة صناعية نظيفة وأخرى ملوثة :

ب- عامل الزجاج (ز)، ويطبق على أنواع الزجاج غير الشفافة، والجدول (٣-٣) يوضح هذا المعامل.

ج- القضبان وحلوق الشبائيك أو أية عوائق يمكن أن تقلل من المسطح المؤثر للشباك وعموماً يستخدم القانون:

$$\text{معامل القضبان (ق)} = \frac{\text{المسطح الصافى للزجاج}}{\text{المسطح الكلى للشباك}}$$

وفي حالة عدم توفر معلومات دقيقة يؤخذ معامل القضبان (ق) كالتالي :

المعامل (ق)

نوع مادة الشباك

حلق وعظم الشباك من المعدن (كريتال أو ألومنيوم) ٠.٨٥ - ٠.٨٠

عظم الشباك كريتال أو ألومنيوم على حلق خشب ٠.٧٥

حلق وعظم الشباك من الخشب ٠.٧٠ - ٠.٦٥

فإذا كانت محصلة القوة الضوئية ϕ ، تكون القوة الضوئية الفعلية التي دخلت الغرفة

ϕ' هي :

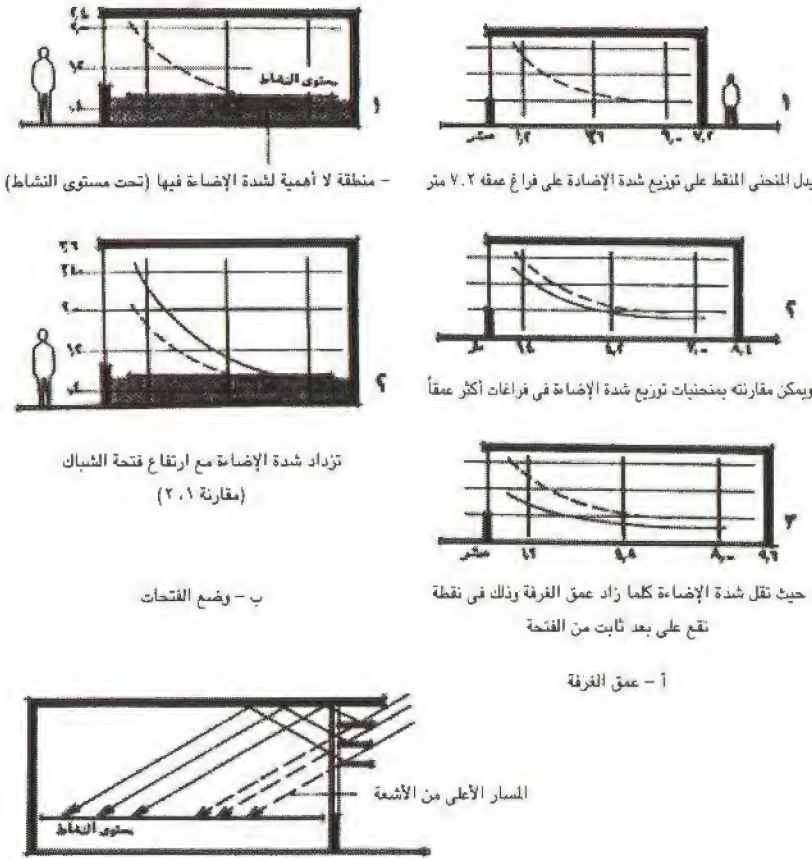
$\phi' = \phi \times \text{ص} \times (\text{معامل الصيانة}) \times \text{ز} \times (\text{معامل الزجاج}) \times \text{ق} \times (\text{معامل قضبان})$

ويقسمة القوة الضوئية الفعلية ϕ' على مسطح الغرفة يمكن الحصول على متوسط شدة الإضاءة.

ويتوقف التوزيع الفعلي لشدة الإضاءة داخل الغرفة على الآتي :

١- عمق الغرفة، حيث تقل شدة الإضاءة كلما بعدت المسافة عن الشباك وعموماً يمكن الاعتماد علي الإضاءة الطبيعية داخل الفراغ حتى مسافة ٦.٠٠ إلى ٧.٥٠ متر من مصدر الضوء (شكل ٧-٣) وهذا يتوقف أساساً على شكل الفتحات ومسطحها.

٢- وضع الفتحات : يسمح الشباك ذو الارتفاع الكبير للضوء بالدخول إلى عمق داخل الغرفة أكبر من ذلك الذي يسمح به شباك ذو ارتفاع صغير بنفس المساحة (شكل ٧-٣) ويمكن استخدام العواكس في إسقاط الأشعة الضوئية إلى مسافات أعمق داخل الفراغ وذلك بعكسها على السقف (شكل ٧-٣).



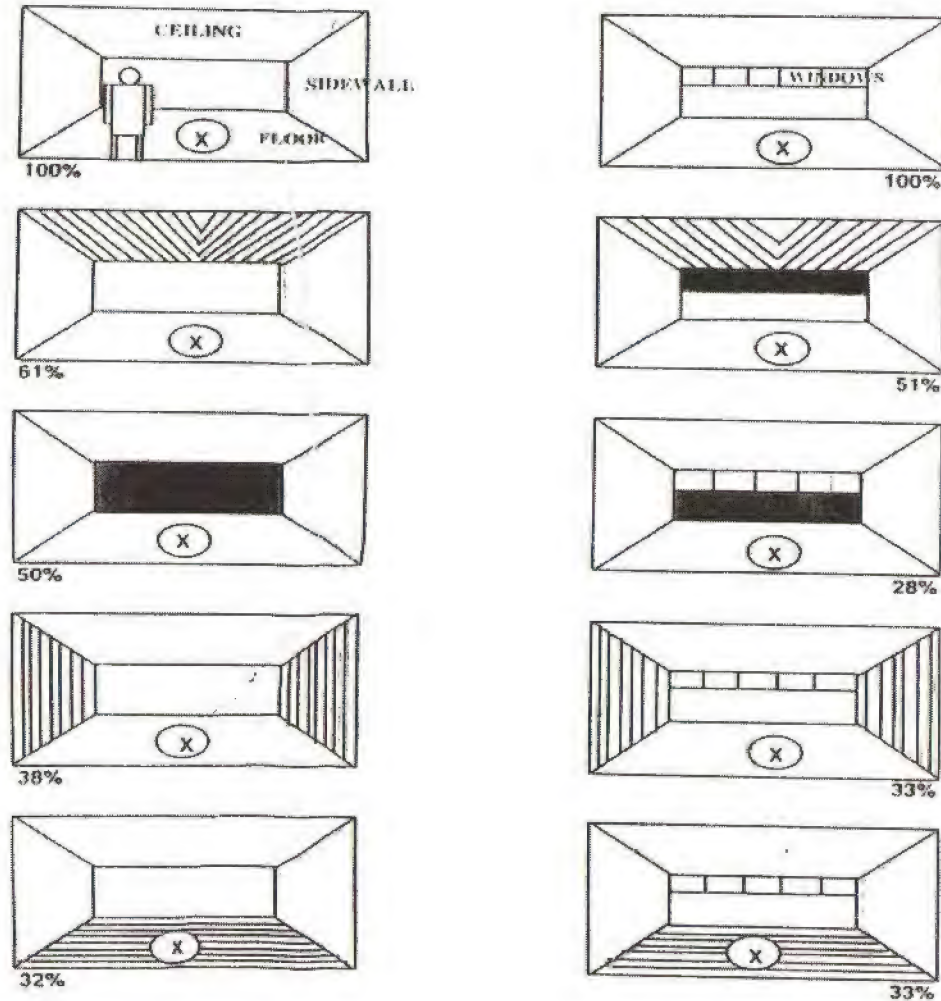
شكل (٣ - ٧) علاقة شكل الفتحات بإضاءة الفراغ الداخلي

٣- نهو الأسطح الداخلية: وهو من أهم العوامل التي تساعد على التحكم في الضوء، فالأسطح ذات الألوان الفاتحة تعكس الضوء وتوزعه بانتظام كما تقلل من شدة اللمعان الذي قد يكون متعباً للعين.

ويوضح شكل (٣-٨) تأثير الدهانات على كمية الإضاءة عند نقطة المرجع X.

الجدول التالي (٣-٤) يمكن استخدامه كدليل لتقييم كفاءة فتحات الشبائيك خلال

المراحل الأولية من التصميم وهو يحتوى على نسبة الإضاءة المطلوبة بالداخل (مركبة ضوء النهار %) وكذلك نسبة مساحة فتحة الشباك إلى مساحة أرضية الحجرة %.



شكل (٨-٢) تأثير دهان بعض أسطح الغرفة باللون الأسود على كمية الإضاءة عند نقطة المرجع *

نوع الاستخدام	مركبة ضوء النهار	نسبة مساحة فتحة الشباك إلى مساحة الحجرة
١- صالات رسم ، أماكن العبادة	٤ - ٥ %	٢٠ - ٣٠ %
٢- معامل ، طاولات عمل	٣ %	١٥ %
٣- بنوك ، حسابات ، طباعة ، آلة كاتبة ، فصول دراسية ، ملاعب مغطاه ، حمامات سباحة مغطاه .	٢ %	١٠ %
٤- صالات معيشة ، صالات استقبال بالفنادق ، صالات مداخل.	١ %	٥ %
٥- حجرات نوم وطرقات .	٠.٥ %	٢.٥ %

جدول (٤-٣) نسبة الإضاءة المطلوبة ونسبة مساحة الفتحات إلى مساحة الحجرة

ملحوظة :

عند خط عرض ٣٠ شمالاً تكون إضاءة السماء الملبدة بالغيوم هي ٩٠٠ قدم شمعه من الساعة ٨ صباحاً حتى الساعة ٤ بعد الظهر في ٨٥ % من هذا الزمن.

٢-٨ تفاصيل فتحات الإضاءة الطبيعية بالمباني :

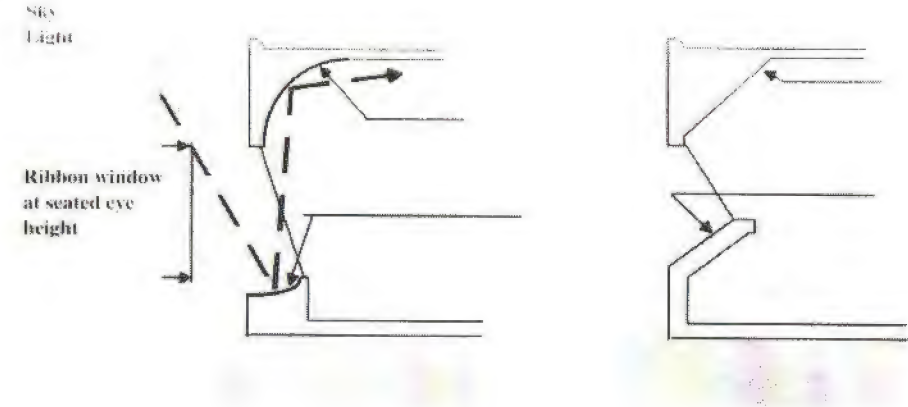
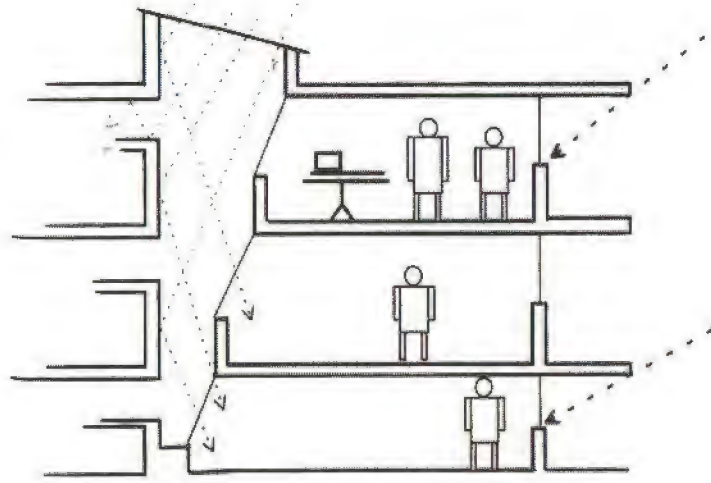
أن إدخال الإضاءة الطبيعية داخل المبنى يحتاج إلى مهارة من المصمم إذا كان يريد إنارة الأماكن البعيدة عن النوافذ بمستويات عالية. ويمكن الوصول إلى حلول مناسبة إما باللجوء إلى إضافة نوافذ بالحوائط الأخرى أو بتصميم عواكس تركيب بالنوافذ بحيث تعكس الإضاءة إلى الأجزاء البعيدة من الغرفة كما هو موضح بالأشكال (٣-٩) إلى (٣-١٦).

وقد يؤدي عمل فتحات كبيرة للنوافذ إلى انتقال الحرارة والضوضاء من خارج المبنى إلا أنه يمكن التحكم في ذلك بواسطة حسن استخدام نوعية الزجاج المركب على النوافذ مثل الزجاج المعالج الذي يكون معامل انعكاسه كبيراً وكذلك معامل امتصاصه للحرارة وتقليل الضوضاء إلى أقصى حد . إما أن يوضع الشباك في الأماكن الأكثر هدوءاً في المبنى أو بجعل زجاج الشباك مزدوجاً وبينهما فراغ من الهواء ويركب حولهما إطارات مصنوعة من المطاط لمنع نفاذ الضوضاء إلى الداخل، كذلك يمكن استخدام كاسرات الشمس لحجب أشعة الشمس عن الشباك.

مثال ذلك أنه في المناطق المكشوفة كالصحراء تكون أشعة الشمس قوية ويمكن تقليل تأثيرها داخل المكان بواسطة كاسرات للشمس. وحيث إن كاسرات الشمس هذه تقلل من إضاءة المكان فيمكن تعويض ذلك بتقوية الإضاءة بواسطة أسطح عاكسة لضوء الشمس إلى الفراغات الداخلية العميقة بالمكان بواسطة زوايا وإنحناءات خاصة لهذه الكاسرات هذا بالإضافة إلى استخدام زجاج معالج بطريقة لاتسمح بنفاذ الحرارة ولكن تعكسها إلى الخارج وكذلك توجيه الشبائيك إلى اتجاهات بعيدة عن أشعة الشمس المباشرة كناحية الشمال مثلاً حتى لو كان المبنى موجه ناحية الجنوب مثل ما يجري في أبنية المصانع والورش حيث تضاء هذه الأماكن من أعلى بواسطة عمل أسقف مثل سن المنشار نوافذها متجهة نحو الشمال بغض النظر عن وضع المبنى أنظر شكل (٣-١٥)

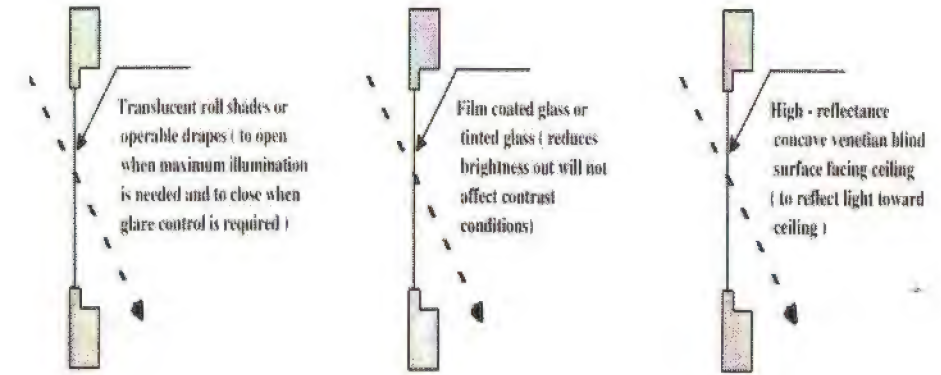
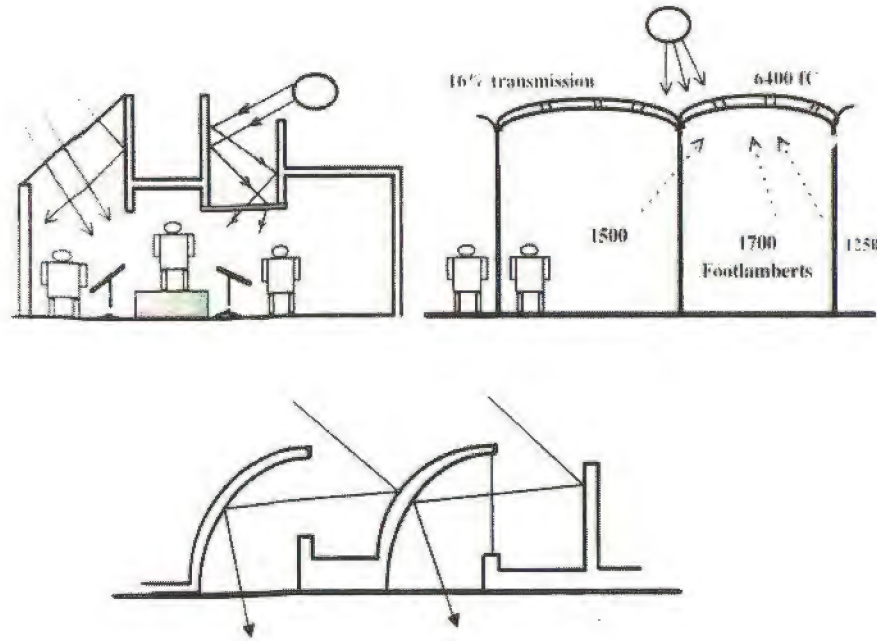
كذلك يمكن توجيه أشعة الشمس إلى سطح الغرفة الداخلي بواسطة أسطح عاكسة ألوانها فاتحة مثل لون السقف وبذلك تستطيع إدخال الضوء إلى العمق مع تقليل الحرارة إلى أقل درجة ممكنة.

والإضاءة الجيدة لازمة لراحة العين والرؤية الجيدة الموزعة توزيعاً متدرجاً بنسبة ١ : ٣ : ٠,٣ : ٠,١ في المكان وتوضح الأشكال التالية توزيع إضاءة السماء على المستوى الأفقي والرأسي تبعاً لشهور السنة وشكل الفتحات وارتفاع شكل الفراغ أو ميله.



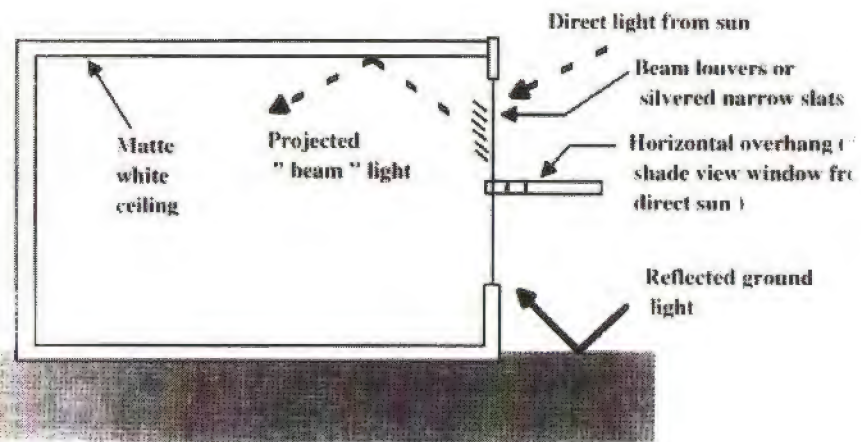
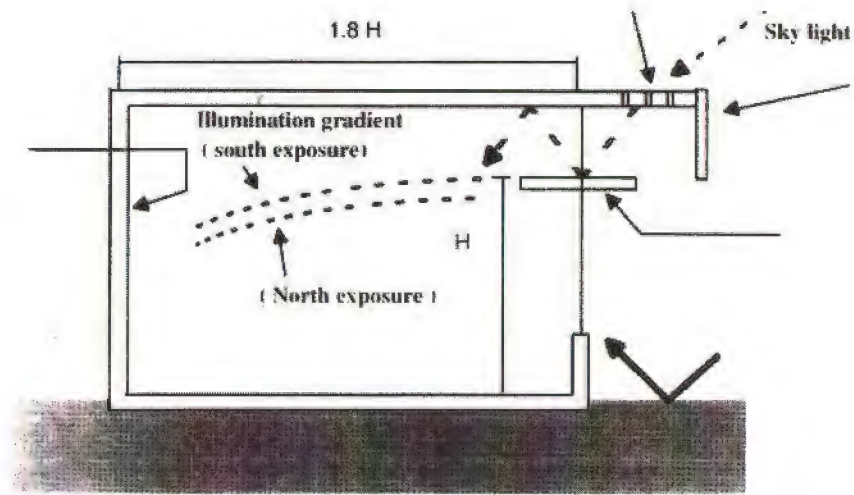
السطح المقعر يعكس الإضاءة إلى عمق الحجرة .

شكل (٢ - ٩) يبين طريقة إدخال الإضاءة إلى داخل الحجرة بواسطة الأسطح العاكسة

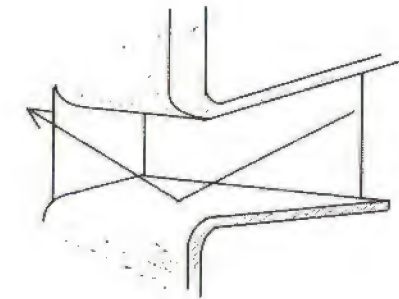
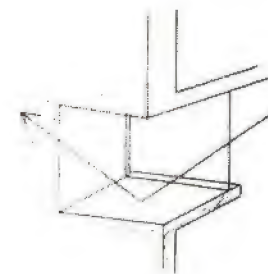
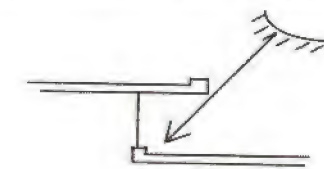
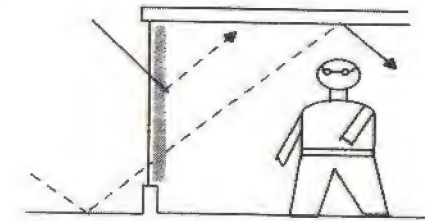
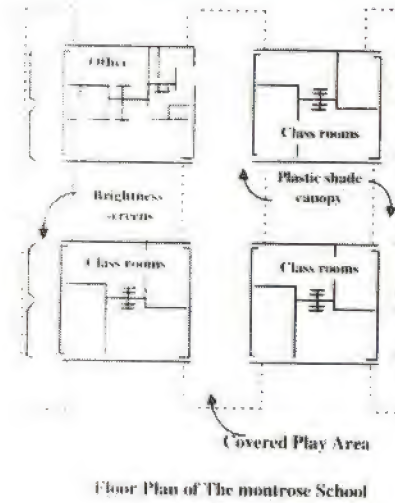
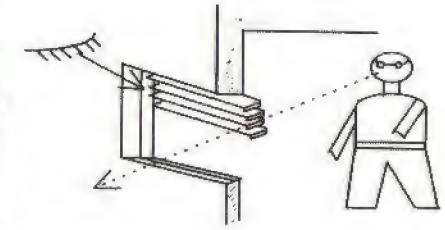
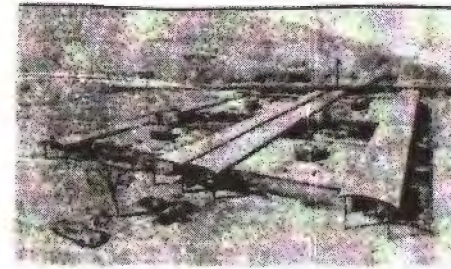


شكل (٣ - ١٠) يبين طريقة التحكم في كمية الإضاءة بواسطة الستائر أو الزجاج الملون

شكل (٢ - ١١) الطرق المختلفة للتوزيع الجيد للإضاءة

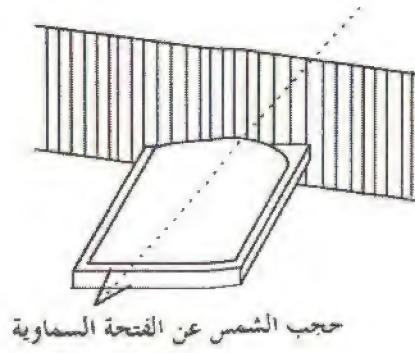
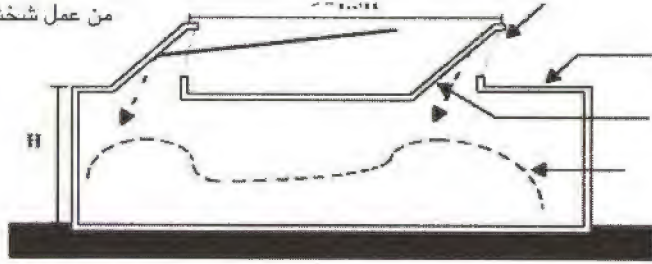


شكل (٢ - ١٣) الاشكال تبين كيفية الإستفادة من أشعة الشمس لزيادة كمية الإضاءة بالداخل بدون نفاذ أشعة الشمس المباشر

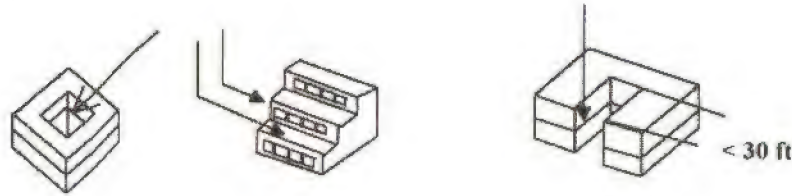
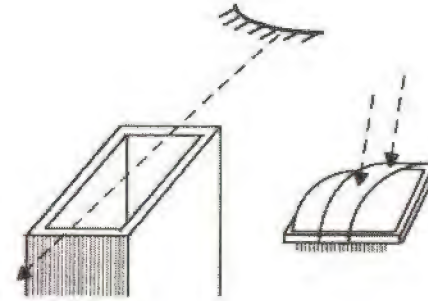


شكل (٣ - ١٢) الاشكال تبين طرق إدخال الإضاءة مع الحماية من أشعة الشمس

الإضاءة من سقف على هيئة سن المتشار أفضل
من عمل شخصيخة واحدة للإضاءة

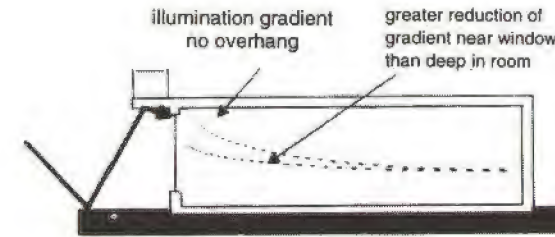
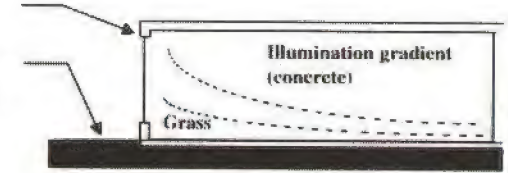


حجب الشمس عن الفتحة السماوية

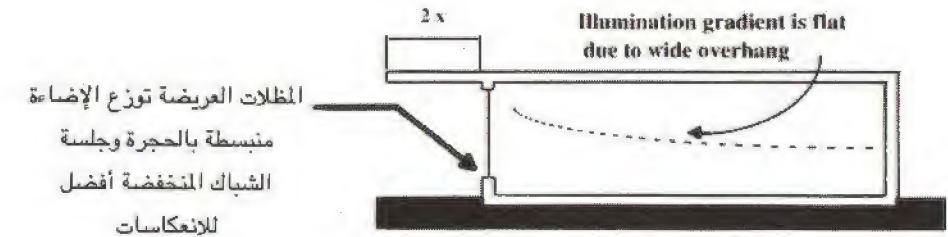


طرق الاستفادة من أسطح المباني لتحسين توزيع الإضاءة بالداخل
شكل (٣-١٥)

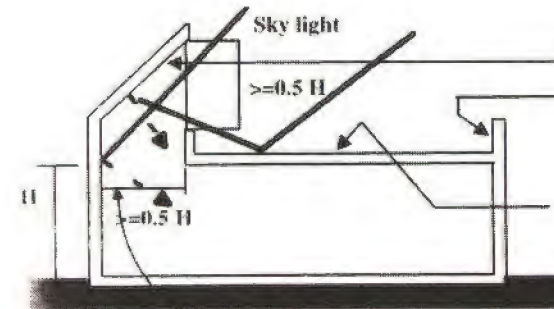
كلما ارتفع عتب الشباك كلما نفذت الإضاءة إلى
الداخل والأرضية الأسمنتية أفضل من الخضراء
من حيث عكس الضوء إلى الداخل



المظلات القصيرة أعلا الفتحات تقلل
الإضاءة في المنطقة القريبة من
الشباك وليس في نهاية الغرفة



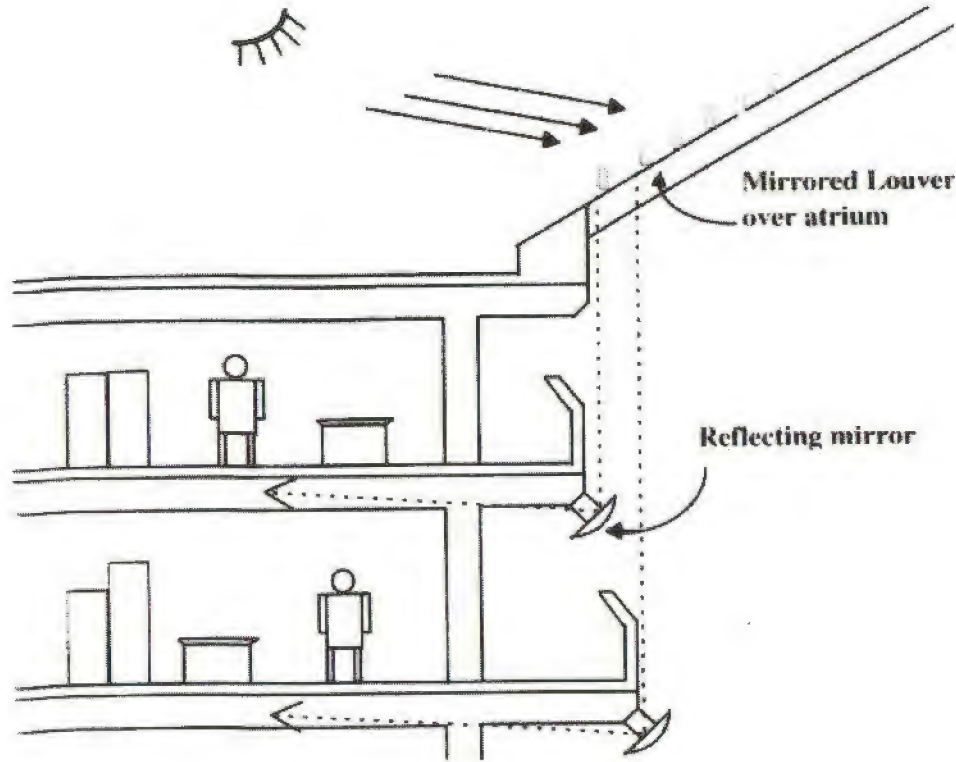
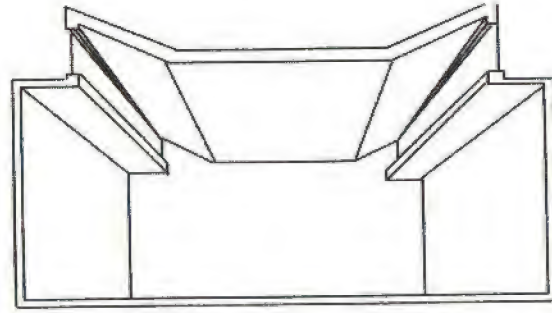
المظلات العريضة توزع الإضاءة
منبسطة بالحجرة وجلسة
الشباك المنخفضة أفضل
للانعكاسات



Reflectd light (can project into lower - Level spaces)

شكل (٣-١٤)
يمكن الاستفادة من حوائط المبني
لعكس الإضاءة إلى الداخل

عمل إضاءة علوية من
السقف في اتجاهين
عكسيين يحسن
الإضاءة على الحوائط
والأسطح الرأسية



شكل (٢-١٦) طرق استخدام المرايا في إدخال الضوء
إلى عمق الفراغ الداخلي للحجرات

إلا أنه دائماً يكون من المستحب أن توجد وسيلة لحساب درجة الإبهار لمكان مضاء أو وسيلة توصف طريقة لعمل التعديلات اللازمة إذا وجدت هذه المشكلة. ويجب أن تعرف أنه إذا كان مصدر الضوء يرتفع عن اتجاه خط النظر المعتاد في المكان - في فصل دراسي مثلاً يكون خط النظر المعتاد هو السبورة والأستاذ - بزاوية قدرها ٥٠° خمسون درجة فإنه لا خوف من حدوث زغلة للموجودين بالمكان. كذلك فإن تحريك المصدر إلى مكان آخر يقلل من احتمالات الإبهار غير المرغوب فيه ولكن مع الأخذ في الاعتبار أهمية وجود مصدر الضوء أى الشباك بالقرب من العمل لإمكان إضاءته إضاءة جيدة. وبالرغم من ذلك فإن بعض الأفراد قد يجدون أنه بالرغم من تحرك مصدر الضوء إلى زاوية ٥٠° عن خط النظر إلا أنهم يعتبرونه مصدر مضايقة للبصر ويجعل الإنسان لا يركز في المكان ويصبح قلقاً من الناحية الجمالية أكثر من الناحية الفسيولوجية، ويكون حساب قيمة الإبهار بالمعادلة التالية:-

$$\text{قيمة الإبهار} = \frac{\text{شدة إضاءة المصدر} (١.٦) \times \text{الزاوية المجسمة} (٠.٨)}{\text{مركبة الانعكاسات الداخلية}}$$

شدة إضاءة المصدر هي قيمة الإضاءة الداخلة من الشباك
الزاوية المجسمة تحسب كالآتي:-

١- عندما يكون خط النظر في منتصف الشباك تكون

$$\text{الزاوية المجسمة} = \frac{\text{مساحة الشباك}}{\text{مربع المسافة}}$$

٢- عندما يكون خط النظر منحرفاً عن موقع الشباك تكون

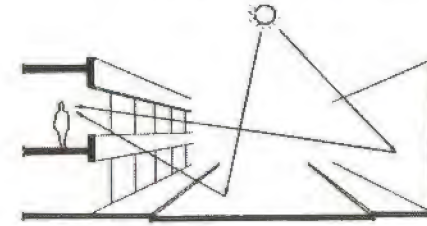
$$\text{الزاوية المجسمة} = \frac{\text{مساحة الشباك} \times \text{جتا } \theta \cdot \text{جتا } \phi}{\text{مربع المسافة}}$$

زاوية θ ، هي الزاوية الرأسية والأفقية على التوالي مقاسة من خط النظر المعتاد.

١٩-٣ الإبهار الضوئى

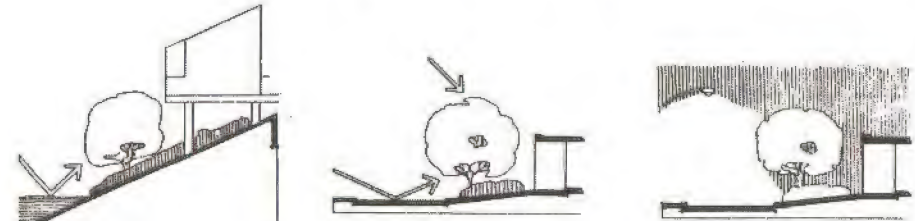
إن كمية الإضاءة فى حجرة ما ليست هى نهاية التصميم لأنه قد تكون الإضاءة كافية من ناحية شدة الضوء ولكنها غير مريحة للبصر وتسبب كثيراً من الضيق لأنها إذا لم تكن موزعة توزيعاً جيداً فإن مصادر الضوء غير المدروسة قد ترسل أشعتها مباشرة إلى العين وهى فى وضع رؤية عمل معين فإذا دخل هذا الضوء العين فإنه ينتشر بداخلها ويجعلها لا ترى بوضوح. وكذلك فإن حدقة العين تنقبض لتقلل من كمية هذا الضوء غير المرغوب فيه مما يقلل من إضاءة العمل المطلوب داخل العين ويشعر الإنسان بعدم الارتياح وقد ينصرف عن العمل الذى يقوم به.

ويمكن الإقلال من تأثير الإبهار بالوضع السليم لعناصر التصميم وتنسيق الموقع من برك مياه وأشجار ومساحات خضراء (شكل ١٧-٣). ويتوقف الحد المقبول للإبهار على نوع النشاط أو الغرض فيقل كلما زادت الدقة المطلوبة. كما تتوقف قوة الإضاءة المقبولة على نوعية مجال النظر، ففي حالة مساحات ممتدة قد تكون ١٠٠٠٠٠ لوكس مقبولة، لكنها تصبح غير محتملة فى حالة شاطئ ذى رمال بيضاء.



رمال بيضاء .

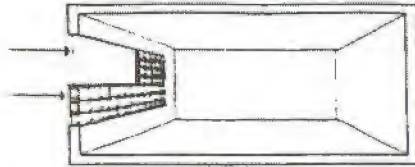
الابهار المنعكس من العناصر المحيطة بالمبنى



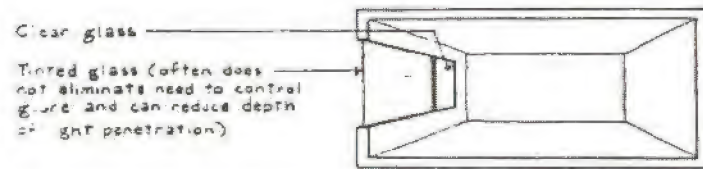
شكل (١٧-٣) الحماية من الإبهار بواسطة الأشجار

مركبة الانعكاسات الداخلية هى المركبة المحسوبة فى المكان % مضروبة فى شدة إضاءة المصدر، وإذا كانت قمة الإبهار ١٠٠ تعتبر هذه الحالة مرضية من توزيع الإضاءة ولكنها محسوسة وإذا كانت القيمة أكبر من ٦٠٠ تعتبر حالة شديدة الإبهار ويعتمد الإبهار على:

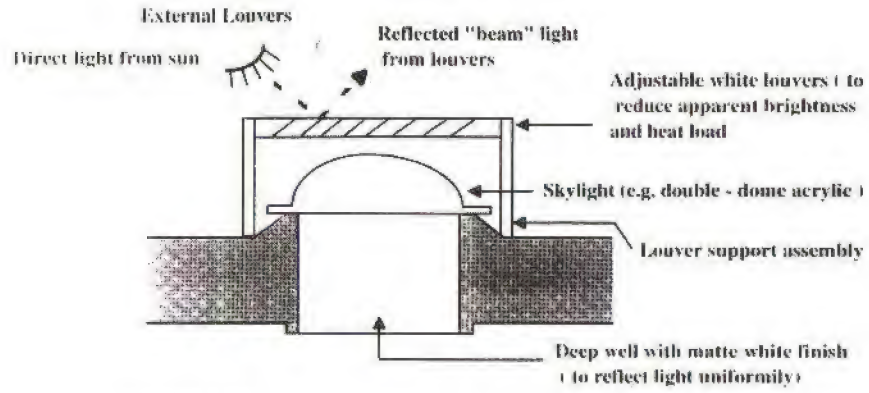
- ١- شدة إضاءة المصدر مقدرة بالقدم شمعة.
 - ٢- مساحة مصدر الضوء (أى مسطح النافذة).
 - ٣- المستوى العام المتأقلمة عليه العين فى المكان (أى مستوى الإضاءة الغالبة فى المكان).
 - ٤- موقع مصدر الإضاءة بالنسبة لخط النظر المتوقع (أى زوايا) انحراف مركز النافذة عن خط النظر).
 - ٥- شدة إضاءة المكان المحيط بمصدر الضوء.
- وإذا كان المكان أكثر من مصدر إضاءة فتحسب قيمة الإبهار لكل مصدر على حدة ويكون الإبهار النهائى هو مجموع قيم الإبهار لكل الفتحات أو المصادر الضوئية. وتوضح الأشكال من (١٨-٣) إلى (٢٠-٣) أساليب تصميمية مختلفة لتلافي الإبهار عند فتحات الإضاءة.



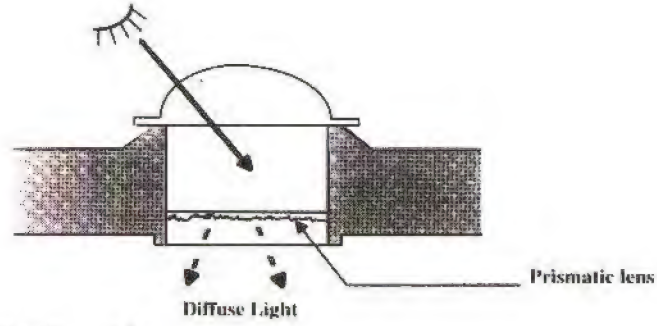
وجود فتحة الشباك فى وسط حائط من الطوب الزجاجى يعطى الأنطباع بالتوجوم



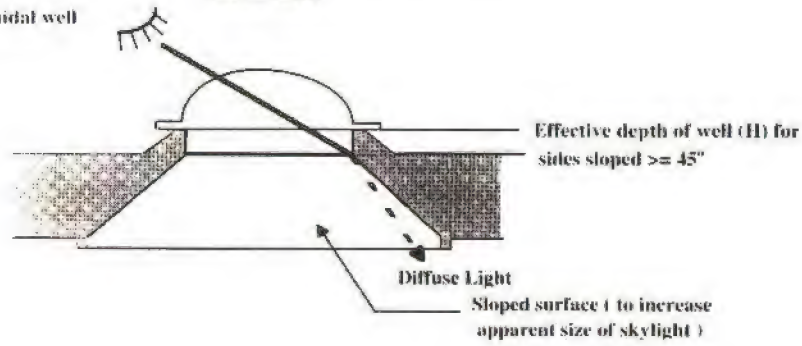
شكل (١٨-٣) الزجاج الملون لا يضمن عدم الزغلة ولذلك فالزجاج الشفاف أفضل



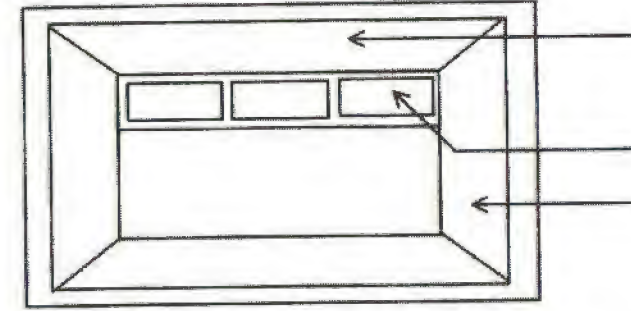
Prismatic Lens



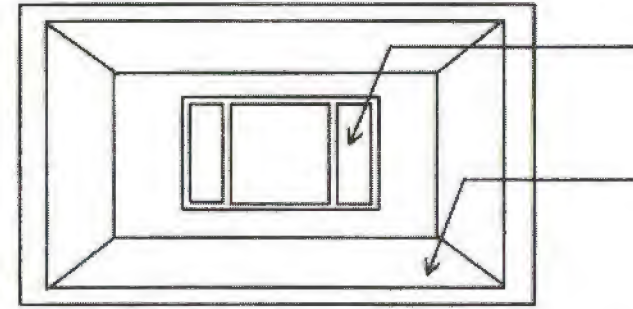
Pyramidal well



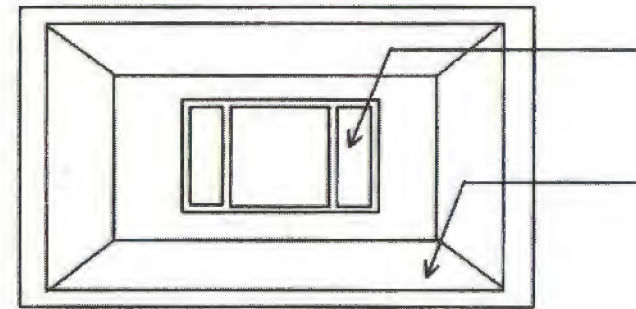
شكل (٢٠-٢) طرق إدخال الإضاءة من فتحة بالسقف بدون نفاذ أشعة الشمس مع الاستفادة من انعكاس الأشعة الشمسية



قرب الشباك من السقف يقلل الزغلة وينشر الضوء إلى العمق



الشباك بعرض الحائط ويوزع الإضاءة بالتساوي بعرض الحجرة



شكل (١٩-٣) إن قرب الشباك من الحائط الجانبي يجعل هذا الحائط مصدراً ثانوياً للإضاءة

٢-١٠ الرؤية:

تتكون صورة مقلوبة على شبكية العين بواسطة عدسة العين التي تتكيف لتغير قوتها إلى أن ترى الأشياء بوضوح تستطيع العين أن ترى الأشياء بوضوح من مسافة ٢٥ سم حتى مدى البصر. والشبكية مؤلفة من خلايا عصبية للضوء تسمى المخاريط والقضبان لأنها تشبه هذه الأشكال.

ووظيفة المخاريط هي رؤية الألوان وعددها في العين العادية حوالي ٧ ملايين وتتركز في البقعة الصفراء وهي تعمل في الضوء الشديد ولا ترى في الظلام. أما القضبان فهي عاجزة عن تمييز الألوان وتعمل في الضوء الخافت وتجعل الإنسان يرى الأشياء أبيض وأسود فقط وعدد هذه الخلايا حوالي ١٢٠ مليون وتختص بالرؤية ليلاً.

ويذكر هلمهولتز أن المخاريط التي بالشبكية تتكون من ثلاث مجموعات، كل مجموعة تختص بتمييز نوع واحد من الألوان وهي الأحمر أو الأخضر أو الأزرق ومن حاصل مزج الإحساس الثلاثي لهذه الألوان يستطيع الإنسان أن يميز جميع الألوان بما فيها اللون الأبيض. إلا أن بعض الناس ينقصهم كل أو بعض خاصية تمييز لون معين أو الألوان جميعها وهو ما يعرف بعمى الألوان.

ويستطيع الإنسان الرؤية المجسمة بواسطة العينين لأن كلا منهما ترى منظرًا مختلفًا قليلاً عن الأخرى للمنظر الواحد ويترتب على ذلك أن المنظر لا يقع على الشبكيتين في نفس النقطة فتتراكب الصورتان في جزء المخ المسئول عن تفسير ما يراه الإنسان فيرى المنظر مجسماً.

ويلاحظ عندما تنطبع الصورة على الشبكية فإن هذا الانطباع يبقى لمدة ٠.١ من الثانية حتى ولو اختفى المنظر أما مجال رؤية العين فينقسم إل ثلاثة أقسام:

١- مجال الرؤية القريب وزاويته = ٢٠.

٢- مجال الرؤية البعيد وزاويته = ١٣٠.

٣- مجال الرؤية للمحيط وزاويته = ١٨٠.

وخط النظر هو المنصف لهذه الزوايا

أما الرؤية المركزة فهي تكون على خط النظر بزوايا أقصاها ٣ درجات.

ولذلك عند تصميم مصادر الإضاءة فيجب إبعادها لزوايا ٤٥° من خط النظر حتى لا تسبب وهجا في العين وزغلة في الرؤية. ويحسب خط النظر على أساس الخط الذي تنظر العين في اتجاهه معظم الوقت.

٣-١١ الألوان

الألوان لها دور كبير من الناحية النفسية والمزاجية لدى الإنسان والحيوان على حد سواء، وهناك أكثر من الدراسات في هذا المجال والتي تصنف الألوان إلى ألوان باردة، وأخرى دافئة - ألوان مريحة للأعصاب، وأخرى منفرة - ألوان تعطي الإحساس بارتفاع درجات الحرارة، وأخرى تعطي إحساساً بالبرودة.

ومن الأهمية اختيار الألوان التي تتلاءم مع طبيعة المكان ووظيفته، وتعمل الألوان الفاتحة بداية من درجات الأبيض على عكس أشعة الشمس ويمكن أن يعكس اللون (الكريم) أكثر من ٦٠٪ وخاصة في الأسقف بينما اللون الأبيض الشاهق يساعد على عملية الإبهار مما يسبب زغلة للعين، ويفضل زراعة المناطق المحيطة بالمباني الصحراوية حتى تمتص نسبة كبيرة من أشعة الشمس الساقطة والمنعكسة. (جدول ٣-٦).

٣-١٢ الإضاءة الصناعية

يتم استخدام الإضاءة الصناعية في حالتين: الأولى عندما تكون الإضاءة الطبيعية ضعيفة في الأجزاء البعيدة عن الشبائيك وتحتاج إلى زيادة الإضاءة في هذه الأماكن، و الحالة الثانية عندما تغرب الشمس ويبدأ الظلام.

والمطلوب لتصميم الإضاءة الصناعة معرفة نوع العمل الذي يتم في المكان المطلوب إضاءته فإذا كان العمل يحتاج إلى دقة وتركيز بدون الوقوع في خطأ تزداد شدة الإضاءة بعكس الأعمال الأخرى التي تحتاج إلى إضاءة أقل، أما إذا كان المكان للقراءة فيجب ألا يقل مستوى الإضاءة في المكان عن ٣٠ قدم شمعة وإذا كان المكان للرسم تكون مستوى الإضاءة ٥٠ قدم شمعة وخلاف ذلك تتراوح شدة الإضاءة بين ١٠ ، ٢٠ قدم شمعة. هذا في مجال الإسكان والتعليم أما في المصانع والمستشفيات وبالأخص غرف العمليات فتصبح الإضاءة أعلى من ذلك بكثير. وهذا واضح في الجدول رقم (٨-٢) الذي يحدد مستوى الإضاءة المطلوب لكل نشاط.

وتزداد الإضاءة على مستوى العمل في الحالات الآتية:

اللون	معامل الانعكاس التقريبي %
أبيض	٨٣٪
رمادي	من ٤٤ إلى ٧٠٪
رمادي قاتم	١٩٪
عاجي أبيض	٨٠٪
عاجي	٦٣ إلى ٧١٪
لؤلؤ (رمادي)	٧٢٪
قمحي	٣٠ إلى ٥٠٪
بنى	٢٠ إلى ٤٠٪
بنى غامق للأرضية	١٠٪
أخضر	٢٠ إلى ٥٥٪
أخضر زيتوني	٢٠٪
أزرق سماوي	٥٥٪
أزرق	٢٧٪
أحمر	١٥ إلى ٤٠٪
أحمر وردي	٥٠ إلى ٧٠٪

جدول (٥-٢) القيم التقريبية (لأغراض التصميم) لبعض الألوان المستخدمة في دهانات الأسطح الداخلية للمباني

١- عندما تكون مصادر الضوء قريبة من مستوى العمل.

٢- عندما تكون ألوان الغرفة فاتحة بما فيها من مفروشات.

٣- عندما يكون مستوى الإضاءة جيد (أى تنظيف مصادر الضوء).

٤- عندما تقل أبعاد الغرفة.

ولذلك فلقد شمل تصميم الإضاءة الصناعية كل هذه المتغيرات بحيث تكون النتيجة هى الحصول على عدد وحدات الإضاءة المطلوبة لكل مكان حسب المنفعة التى تتم بداخله. ولحساب هذا العدد تجرى الخطوات:

١- حساب بعد مصدر الضوء عن مستوى العمل فإذا كان مصدر الضوء هو ضوء مباشر من المصباح تقاس المسافة من المصباح إلى مستوى العمل وإذا كانت الإضاءة غير مباشرة ومصدر الضوء يوجه إلى السقف أولاً يحسب بعد السقف عن مستوى العمل باعتباره هو مصدر الضوء.

٢- يحسب معامل الحجرة للإضاءة المباشرة كالتالى:-

$$\text{معامل إضاءة مباشرة للحجرة} = \frac{\text{بعد المصباح عن المستوى} \times (\text{طول الحجرة} + \text{عرض الحجرة})}{\text{طول الحجرة} \times \text{عرض الحجرة}}$$

٣- تحسب معامل الإضاءة غير المباشرة كالتالى:

$$\text{معامل إضاءة غير مباشرة للحجرة} = \frac{٢ \times \text{بعد السقف عن المستوى} \times (\text{طول الحجرة} + \text{عرض الحجرة})}{٣ \times \text{طول الحجرة} \times \text{عرض الحجرة}}$$

٤- إذا كان المصباح المستخدم يعطى الحالتين فى نفس الوقت أى يعطى نسبة من ضوئه إلى أعلى والنسبة الأخرى إلى أسفل ناحية مستوى العمل يكون معامل الحجرة للإضاءة المباشرة وغير المباشرة (أى المعامل الموزون) كالتالى:-

$$\text{المعامل الموزون} = \frac{\text{معامل الحجرة المباشر} \times \text{نسبة الضوء المباشر}}{\text{مجموع النسبتين}} + \frac{\text{معامل الحجرة غير المباشر} \times \text{نسبة ضوء غير المباشر}}{\text{مجموع النسبتين}}$$

٥- تحسب نسبة فجوة الغرفة كالتالى

$$\text{نسبة فجوة الغرفة} = \frac{١}{\text{معامل الغرفة}}$$

(معامل الغرفة هنا أحد ثلاث حالات: إما معامل الحجرة للإضاءة المباشرة أو معامل الحجرة للإضاءة غير المباشرة أو معامل الحجرة الموزون حسب الأحوال).

٦- لحساب عامل الانتفاع من الجدول الخاص بالمصباح المعين (جدول رقم ٣-٧) يتعين معرفة معامل انعكاس السقف ومعامل انعكاس الحوائط وبدلالة نسبة فجوة الغرفة (ن ف غ) وهذه العوامل يتحدد معامل الانتفاع من الجدول الخاص بهذا المصباح.

٧- لحساب عدد المصابيح يتعين أولاً معرفة عدد وحدات اللومن التى تخرج من المصباح من مواصفات المصباح ثم تحسب عدد المصابيح كالتالى:-

$$\text{عدد المصابيح} = \frac{\text{مستوى الضوء المطلوب بالقدم شمعة} \times \text{مساحة الغرفة بالقدم المربع}}{\text{عدد وحدات اللومن لكل مصباح} \times \text{عامل الانتفاع} \times \text{عامل الصيانة}}$$

٨- توزع المصابيح بالتساوى على مسطح السقف وتتدلى من السقف حسب التصميم المفترض ولا تزيد المسافة بين كل مصباح عن المسافة بين المصباح وبين مستوى العمل ويمكن جعل المصابيح على شكل مجموعات من اثنين أو ثلاث أو أربع مصابيح.

النوع		النشاط
قدم/شمعه	لاكس	
		الابنية العامة
١٠	١٠٠	الممرات وأماكن الحركة
١٠	١٠٠	دورات المياه وغرف الأمانات وخلع الملابس
١٠	١٠٠	المخازن والمستودعات
١٥	١٥٠	السلام والسلالم المتحركة
		ورش التجميع
٣٠	٣٠٠	الأعمال الخشنة وتجميع الآلات الضخمة
٥٠	٥٠٠	تجميع الآلات المتوسطة والسيارات
٧٥	٧٥٠	الأعمال الدقيقة والآلات الكهربائية
١٥٠	١٥٠٠	الأجهزة الحساسة وأجهزة القياس
		الصناعات الكيماوية وصناعات البلاستيك والمطاط
١٥	١٥٠	العمليات الذاتية (الأوتوماتيكية)
٣٠	٣٠٠	الاماكن الداخلية العامة
٥٠	٥٠٠	غرف التحكم والمعامل والمختبرات
٥٠	٥٠٠	صناعات الأدوية
٥٠	٥٠٠	صناعات المطاط وإطارات السيارات
٧٥	٧٥٠	غرف الفحص والاختبار والتفتيش
١٠٠	١٠٠٠	غرف تناسق وتطابق واختبار الألوان
		صناعات الملابس
٧٥	٧٥٠	أماكن الخياطة والتفصيل
١٠٠	١٠٠٠	غرف الفحص والتفتيش

جدول (٧-٣) شدة الاضاءة الصحية اللازمة للاستعمالات المختلفة

عامل الإعتكاس للفضاء - السقف			٨٠			٧٠			٥٠			٣٠			١٠			٠						
عامل الإعتكاس للحواسط			٥٠			٣٠			١٠			٥٠			٣٠			١٠			٠			
نوع الوحدة	ص	ف ل	عامل الإرتفاع (CU)																					
	٥١.٥ / ١.٢		١	٨٠	٨٠	٧٧	٧٧	٧٧	٧١	٧١	٧١	٨٨	٨٨	٨٨	٦٠	٦٠	٦٠	٨٠	٨٠	٨٠	٦٠	٦٠	٦٠	
			٢	٧١	٧١	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦
			٣	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦
			٤	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦
			٥	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦
			٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦
			٧	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦
			٨	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦
			٩	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦
			١٠	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦
	٥		١	٨٠	٨٠	٧٧	٧٧	٧٧	٧١	٧١	٧١	٨٨	٨٨	٨٨	٦٠	٦٠	٦٠	٨٠	٨٠	٨٠	٦٠	٦٠	٦٠	
			٢	٧١	٧١	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦
			٣	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦
			٤	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦
			٥	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦
			٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦
			٧	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦
			٨	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦
			٩	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦
			١٠	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦
	٤		١	٨٠	٨٠	٧٧	٧٧	٧٧	٧١	٧١	٧١	٨٨	٨٨	٨٨	٦٠	٦٠	٦٠	٨٠	٨٠	٨٠	٦٠	٦٠	٦٠	
			٢	٧١	٧١	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦
			٣	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦
			٤	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦
			٥	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦
			٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦
			٧	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦
			٨	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦
			٩	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦
			١٠	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦
	٤		١	٨٠	٨٠	٧٧	٧٧	٧٧	٧١	٧١	٧١	٨٨	٨٨	٨٨	٦٠	٦٠	٦٠	٨٠	٨٠	٨٠	٦٠	٦٠	٦٠	
			٢	٧١	٧١	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦
			٣	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦
			٤	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦
			٥	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦
			٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦
			٧	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦
			٨	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦
			٩	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦
			١٠	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦
	٥١.٥ / ١.٢		١	٨٠	٨٠	٧٧	٧٧	٧٧	٧١	٧١	٧١	٨٨	٨٨	٨٨	٦٠	٦٠	٦٠	٨٠	٨٠	٨٠	٦٠	٦٠	٦٠	
			٢	٧١	٧١	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦
			٣	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦
			٤	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦
			٥	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦
			٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦
			٧	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦
			٨	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦
			٩	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦
			١٠	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦	٦٦

جدول (٨-٢) نموذج لجدول المصابيح

النشاط		النصوع
لا كس	قدم / شمعته	
٢٠٠٠	٢٠٠	الحفر على النحاس والصلب
٢٠٠	٢٠	صناعة النسيج
٢٠٠	٢٠	غرف فتح البالات
٣٠٠	٣٠	غرف التمشيط
٥٠٠	٥٠	العزل واللف والصباغة والبكرات
٧٥٠	٧٥	الغزل الدقيق والنسيج
١٠٠٠	١٠٠	الخيطة والتشطيب والفحص
		صناعات الأخشاب والاثاث
٢٠٠	٢٠	المنشار
٣٠٠	٣٠	أعمال التجميع والعمل على النضد
٥٠٠	٥٠	آلات تشكيل الأخشاب
٧٥٠	٧٥	التشطيب
١٠٠٠	١٠٠	التفتيش النهائي ومراقبة الجودة
		المكاتب
٢٠٠	٢٠	الأرشيف
٣٠٠	٣٠	غرف الاجتماعات
٥٠٠	٥٠	المكاتب العامة بالآلات كاتبه وأجهزة كمبيوتر وغرف الكمبيوتر
٧٥٠	٧٥	المكاتب المفتوحة شاسعة المساحة
١٠٠٠	١٠٠	مكاتب الرسم
		المدارس
٢٠٠	٢٠	الورش والمكتبات وغرف القراءة
٥٠٠	٥٠	الفصول والمدرجات والمعامل وغرف الهوايات الفنية

تابع جدول (٢-٧) شدة الاضاءة الصحية اللازمة للاستعمالات المختلفة

النشاط		النصوع
لا كس	قدم / شمعته	
٣٠٠	٢٠	صناعة الجلود
٧٥٠	٧٥	أماكن العمل العامة
١٠٠٠	١٠٠	كبس وقطع وخياطة الأحذية
		غرف الألوان والتفتيش والتصنيف والتحكم
		ورش الآلات
٢٠٠	٢٠	حدادة الأجزاء الصغيرة
٣٠٠	٣٠	مناضد الأعمال الخشنة والآلات وأعمال اللحام
٥٠٠	٥٠	مناضد الأعمال المتوسطة
٧٥٠	٧٥	مناضد الأعمال الدقيقة والاختبار والفحص والتفتيش
١٥٠٠	١٥٠	أماكن الأعمال متناهية الدقة والقياس وفحص الأجزاء الدقيقة
		ورش الطلاء والرش والدهان
٥٠٠	٥٠	الغمر والرش الخشن
٧٥٠	٧٥	أعمال الطلاء والرش العادي
١٠٠٠	١٠٠	التشطيب والطلاء الدقيق والتلميع والألوان
		صناعة الورق
٢٠٠	٢٠	العمليات الذاتية
٣٠٠	٣٠	فرد ولف الورق
٥٠٠	٥٠	التفتيش والتصنيف
		أعمال الطباعة والتغليف
٥٠٠	٥٠	غرف الآلات والطباعة
٥٠٠	٥٠	تغليف الكتب
٧٥٠	٧٥	غرف القراءة والمراجعة
١٥٠٠	١٥٠	أعمال طباعة الألوان

تابع جدول (٢-٧) شدة الاضاءة الصحية اللازمة للاستعمالات المختلفة

النصوع		النشاط
قدم / شمعه	لاكس	
		الصناعات الكهربائية
٣٠	٣٠٠	صناعات الكابلات
٥٠	٥٠٠	لف الملفات (أحجام متوسطة)
١٠٠	١٠٠٠	تجميع أجهزة التلفون والراديو والتلفزيون
١٠٠	١٠٠٠	الاختبار والضبط
١٥٠	١٥٠٠	تجميع الأجزاء فائقة الدقة والمكونات الإلكترونية
		صناعة الأغذية
٢٠	٢٠٠	العمليات الذاتية (الأتوماتيكية)
٣٠	٣٠٠	مناطق العمل العامة
٥٠	٥٠٠	التزيين اليدوي والتفتيش
		سباكة المعادن
٢٠	٢٠٠	الأماكن العامة
٣٠	٣٠٠	الصب الخشن (غير الدقيق) والأعمال المماثلة
٥٠	٥٠٠	الصب الأملس (الدقيق) والأعمال المماثلة والتفتيش
		صناعة الزجاج والفخار
١٥	١٥٠	غرف الأفران
٣٠	٣٠٠	غرف الخلط والتشكيل والصب وغرف القمائن
٣٠	٣٠٠	التجهيز والطلاء والتلميع
٥٠	٥٠٠	آلات الحفر والنقش
٧٥	٧٥٠	أماكن الحفر والنقش اليدوي
		صناعات الحديد والصلب
٥	٥٠	محطات الإنتاج كاملة الذاتية
٢٠	٢٠٠	محطات الإنتاج نصف الذاتية
٣٠	٣٠٠	محطات وأماكن يعمل فيها الأفراد
٥٠	٥٠٠	منصات التحكم والتفتيش

تابع جدول (٧-٢) شدة الاضاءة الصحية اللازمة للاستعمالات المختلفة

النصوع		النشاط
قدم / شمعه	لاكس	
		المحلات والمتاجر
٣٠	٣٠٠	محلات تقليدية
٥٠	٥٠٠	محلات الخدمة الذاتية وغرف العرض
٧٥	٧٥٠	المتاجر الكبيرة والسوبر ماركت
		الأبنية العامة
٥	٥٠	قاعات مشاهدة السينما
١٥	١٥٠	الردهات والمداخل في السينما
١٠	١٠٠	قاعات مشاهدة المسرح
٢٠	٢٠٠	الردهات والمداخل في المسرح
١٥	١٥٠	المعارض والمتاحف (معروضات حساسة للضوء)
٣٠	٣٠٠	المعارض والمتاحف (معروضات غير حساسة للضوء)
		المنازل
٥	٥٠	غرف النوم (إضاءة عامة)
٢٠	٢٠٠	غرف النوم (إضاءة موجهة)
١٠	١٠٠	الحمامات (إضاءة عامة)
٥٠	٥٠٠	الحلاقة والزينة
١٠	١٠٠	غرف المعيشة (إضاءة عامة)
٥٠	٥٠٠	غرف المعيشة (قراءة - خياطه)
١٠	١٠٠	السلالم
٣٠	٣٠٠	المطابخ (إضاءة عامة)
٥٠	٥٠٠	المطابخ (أماكن العمل)

تابع جدول (٧-٣) شدة الاضاءة الصحية اللازمة للاستعمالات المختلفة

النصوع		النشاط
قدم / شمعه	لاكس	
		غرف العمليات :
١٠٠	١٠٠٠	- إضاءة عامة
١٠٠٠	١٠٠٠٠	- إضاءة موجهة
		غرف التشريح :
٧٥	٧٥٠	- إضاءة عامة
٥٠٠	٥٠٠٠	- إضاءة موجهة
		المعامل والصيدلة :
٧٥	٧٥٠	- إضاءة عامة
١٠٠	١٠٠٠	- إضاءة موجهة
		غرف الاستشارة :
٥٠	٥٠٠	- إضاءة عامة
٧٥	٧٥٠	- إضاءة موجهة

تابع جدول (٧-٣) شدة الاضاءة الصحية اللازمة للاستعمالات المختلفة

النصوع		النشاط
قدم / شمعه	لاكس	
		الفنادق والمطاعم
٢٠	٢٠٠	غرف الطعام
١٠	١٠٠	غرف الضيافة والحمامات (إضاءة عامة)
٣٠	٣٠٠	غرف الضيافة والحمامات (إضاءة موجهة)
٣٠	٣٠٠	المدخل والردهات وغرف الاجتماعات
٥٠	٥٠٠	المطاعم
		المستشفيات
		الردهات
٥	٥٠	- بالليل
٢٠	٢٠٠	- في ضوء النهار
		الاجنحة :
١	١٠	- الممرات بالليل
٥	٥٠	- المشاهدة بالليل
١٥	١٥٠	- إضاءة عامة
٣٠	٣٠٠	- الفحص البسيط والقراءة (إضاءة عامة)
		غرف الكشف :
٥٠	٥٠٠	- إضاءة عامة
١٠٠	١٠٠٠	- إضاءة موجهة
		العلاج المركز
٥	٥٠	- الفراش
٧٥	٧٥٠	الملاحظة
٥٠	٥٠٠	- غرف التجهيز للعمليات

تابع جدول (٧-٣) شدة الاضاءة الصحية اللازمة للاستعمالات المختلفة

المراجع

- Egan, M. David' Concepts in Architectural Lighting, Mc Graw - Hill Book Company New York, N.Y.

- Evans, Benjamin H. AIA' Daylighting in Architecture, Architectural

Record Books, Mc Graw-Hill, Book Company New York N.Y.1981.

- Koenigsberger al; Manual of Tropical Housing and Building, Part one, Climatic Design, Longman group Limited, London1974.

- Youssef, Wagih Fawzi; Natural Lighting and Libraries, Dessertation, University of Pennsylvania, U.S.A1979.

٤

التهوية الطبيعية وجودة الهواء

- د/ شفق العوضى الوكيل، د/ محمد عبد الله سراج، المناخ والعمارة المناطق الحارة، القاهرة أغسطس ١٩٨٥.

- د/ محمد عبد الفتاح عيد، الإضاءة لطلبة العمارة، جامعة الملك سعود - الرياض - المملكة العربية السعودية ١٤١٣ هـ (١٩٩٢م).

التهوية الطبيعية وجودة الهواء

دور التهوية الطبيعية فى المباني	١-٤
ملوثات البيئة الداخلية فى المباني	٢-٤
الطرق الحسابية لتقدير مقدار التهوية الطبيعية المطلوبة	٣-٤
الوسائل الطبيعية المختلفة للتحكم فى حركة الهواء	٤-٤
العوامل المؤثرة على تصميم فتحات التهوية بالمباني	٥-٤

٤- التهوية الطبيعية وجودة الهواء

ظهرت الحاجة منذ منتصف السبعينات إلى التقليل من الطاقة المستخدمة في المباني في عمليات التسخين والتبريد على مستوى العالم، وهذه الطاقة تمثل نسبة كبيرة من استهلاكات الطاقة في كثير من بلاد العالم ولذلك اتخذت بعض الاحتياطات لتقليل استهلاك الطاقة من بينها التقليل من سريان الحرارة خلال الغلاف الخاص للمبنى وذلك بزيادة إضافة مواد العزل الحرارى أما الشق الآخر الذى يسهم فى انتقال الحرارة فهو التهوية الطبيعية من وإلى المبنى

ولقد صاحب الاتجاه نحو تقليل معدلات تهوية المباني ظهور مشاكل صحية كثيرة تمثلت فى الإحساس بفساد الهواء والتهابات الأغشية المخاطية والصداع والبلادة. وكان من المعروف أن الملوثات الداخلية فى المباني سببها هم الأفراد مستعملى المبنى الداخلى إلا أن الدراسات الحديثة أثبتت أن هناك أسباباً أخرى لتلوث الهواء الداخلى منها مواد البناء والأثاث وحتى نظم التهوية نفسها. لذلك يوصى بتوفير تهوية طبيعية من الهواء الخارجى إلى الهواء الداخلى لتخفيف حدة التلوث الناتج عن استعمال الأفراد، مثل التدخين إلى درجات تركيز مناسبة. وحيث إن الإنسان يمكث أكثر من ٩٠٪ من الوقت فى بيئة داخلية (مسكن - مكتب - مصنع - مباني ترفيهية وسائل مواصلات). فإن توفير هواء من الخارج غير ملوث أصبح ضرورة لازمة.

٤-١ دور التهوية الطبيعية فى المباني

تلعب التهوية الطبيعية ثلاثة أدوار مهمة فى المباني:

٤-١-١ التهوية من أجل تحقيق جودة الهواء أى المحافظة على حد أدنى من الجودة عن طريق تغيير حجم من الهواء داخل المبنى واستبداله بهواء نقي متجدد من الخارج وهذا ما يسمى (Health Ventilation) ويتمثل فى:

المُلوث	المدى البعيد		المدى القصير	
	نسبة التلوث ميكروجرام / م ³	زمن التعرض (سنة)	نسبة التلوث ميكروجرام / م ³	زمن التعرض (ساعة)
ثاني أكسيد الكبريت	٨٠	١	٣٦٥	٢٤
شوائب	٧٥	١	٢٦٠	٢٤
أول أكسيد الكربون	—	—	١٠٠٠٠	٨
أوزون	—	—	٢٣٥	١
هيدروكربون	—	—	١٦٠	٣
فرومالدهيد	—	—	—	—
ثاني أكسيد النتروجين	١٠٠	١	—	—
أكسيد النترين	—	—	—	—
أمونيا	٥٠٠	٢٤ ساعة	٧٠٠٠	—
إستيتون	٧٠٠٠	٢٤ ساعة	٢٤٠٠٠	٠.٥
ديكلوروثين	٢٠٠٠	٢٤ ساعة	٦٠٠٠	٠.٥
إستيل إستيت	١٤٠٠٠	٢٤ ساعة	٤٢٠٠٠	٠.٥
تركوربتين	٢٠٠٠	١	١٦٠٠٠	٠.٥
زئبق	٢	٢٤ ساعة	—	—
رصاص	١.٥	٠.٢٥	—	—
راديون	٠.٠١٥	١	—	—

جدول (١-٤) ملوثات الهواء والنسب المقبولة للتعرض

(أ) الروائح

مرتبطة بإشغال المكان وأنشطة الطبخ والحمامات ويكون تأثيرها أساساً على راحة الإنسان (وليس على الصحة العامة) ويمكن لحاسة الشم عند الإنسان إدراك تركيزات منخفضة جداً من الروائح، ولكن إحساس الإنسان بالرائحة يقل إذا ظل لمدة طويلة في

أ- توفير الكمية المطلوبة من الأوكسجين للتنفس وللعمليات الحيوية فالإنسان يحتاج

من ٠.٠١ إلى ٠.٩ لتر / ثانية تبعاً لمعدل التمثيل الغذائي

ب- تخفيف التركيز الغازي لتجنب تجاوز الحد الأقصى المسموح به لتركيز ثاني أكسيد الكربون والروائح والأبخرة.

ج- التحكم في تركيز جسيمات الملوثات في الهواء الداخلي بإضافة هواء خارجي أقل تركيزاً.

د- التحكم في الرطوبة النسبية للهواء الداخلي

١-٤-٢ التهوية من أجل تحقيق الراحة الحرارية وذلك بزيادة الفقد الحراري من

جسم الإنسان والمساعدة على التخلص من الرطوبة الموجودة على البشرة

نتيجة العرق وهذا ما يسمى التهوية بغرض الراحة الحرارية Ventilation

for Thermal Comfort ويتمثل ذلك في زيادة حركة الهواء وتوزيعه

توزيعاً مناسباً لتحقيق الراحة الحرارية للقاطنين وكذلك التحكم في الرطوبة

النسبية للهواء الداخلي

١-٤-٣ التهوية من أجل تبريد المبنى وذلك عندما تكون درجة الحرارة الداخلية أعلى

من درجة الحرارة الخارجية وهذا ما يسمى Ventilation for Structural

Cooling

٢-٤ ملوثات البيئة الداخلية في المباني

طبقاً لتصنيف الجمعية الأمريكية لمهندسي التدفئة والتبريد وتكييف الهواء

(ASHRAE) فإنه قد تم إدراج أهم ملوثات البيئة الداخلية في جدول رقم (١-٤)

وأمام كل منها نسبة التلوث المقبولة للتعرض على المدى القصير وعلى المدى البعيد.

النشاط (بالقون ذكور)	معدل التمثيل الغذائي (وات)	المعدل المطلوب للمحافظة على ثاني أكسيد الكربون بتركيز ٠,٥% يفرض أن تركيزه في الهواء الخارجي ٠,٤% لتر / ثانية
جلوس	١٠٠	٠,٨
عمل خفيف	١٦٠ - ٣٢٠	١,٣ - ٢,٦
عمل متوسط	٣٢٠ - ٤٨٠	٢,٦ - ٣,٩
عمل شاق	٤٨٠ - ٦٥٠	٣,٩ - ٥,٣
عمل شاق جداً	٦٥٠ - ٨٠٠	٥,٣ - ٦,٤

جدول (٢-٤) معدلات التهوية المطلوبة للتنفس

استعمال المبنى	الهواء الخارجي (متر ^٣ /الساعة/شخص)
المباني السكنية : أماكن المعيشة ، غرف النوم - غرف الخدمات - المطابخ - الحمامات - دورات المياه	١٢ - ١٧ ٥٠ - ٨٥
الأماكن التجارية : الاستراحات العامة ، أبناس البيع ، المخازن ، المكتبات العامة المدارس	١٧ - ٢٥
الفنادق : غرف النوم ، الأبناس غرف الاجتماعات الصغيرة غرف الاجتماعات الكبيرة	١٧ - ٢٥ ٤٢ - ٥٠ ٣٤ - ٤٢
المساجد	١٢ - ١٧
المكاتب : فراغات المكاتب العامة غرف الاجتماعات غرف الانتظار غرف الحاسب الآلي	٢٥ - ٤٢ ٥٠ - ٧٠ ٢٥ - ٣٤ ١٢ - ١٧
المطاعم	٢٥ - ٣٥
غرف الشخصيات المهمة	٤٢ - ٥٠
المستشفيات : الردهات غرف النوم - الأجنحة	٤٢ - ٥٠ ٢٥ - ٣٥

جدول رقم (٢-٤) متطلبات التهوية للأشخاص

نفس المكان الملوث. وتتبعث من الجسم روائح مقبولة بواسطة إدخال هواء خارجي إلى الفراغ الداخلي وبالنسبة لروائح الجسم فإن المطلب لإدخال الهواء الخارجي يتوقف على كثافة الإشغال ففي الفراغات التي يكون نصيب الفرد فيها ٢٦م^٣ مثلاً يحتاج الشخص إلى معدل تهوية من الخارج ٨ لتر/ث للمحافظة على تركيز مقبول للرائحة

(ب) ثاني أكسيد الكربون :

يرتبط معدل إنتاج ثاني أكسيد الكربون الناتج عن عملية التنفس بمعدل التمثيل الغذائي كالتالي :

معدل إنتاج أكسيد الكربون (لتر / ثانية) =

$$\frac{4 \times 10^{-1} \times \text{معدل التمثيل الغذائي (وات / م}^2\text{)}}{\text{مساحة الجسم (م}^2\text{)}}$$

مساحة الجسم (م^٢)

وفي حالة الشخص البالغ في حالة السكون يكون معدل التمثيل الغذائي ٧٠ وات / م^٢ ومساحة الجسم تقريباً ١,٨ م^٢

ويكون إنتاج ثاني أكسيد الكربون = ٠,٠٥ لتر / ث أي ١٨ لتر / ساعة

ويمثل ثاني أكسيد الكربون الناتج عن عملية التنفس ٤,٤% من حجم هواء الزفير

ويبلغ أقصى تركيز مسموح به لثاني أكسيد الكربون لمدة ٨ ساعات إشغال ٠,٥% ، وعليه فإن معدلات التهوية المطلوبة للمحافظة على هذه النسبة على اختلاف معدلات التمثيل الغذائي تظهر في جدول رقم (٢-٤).

a كثافة الهواء = ١.٢ كجم/م^٣

C_{pa} الحرارة النوعية للهواء، ١٠٠٠ جول/كجم.س

ΔT الفرق بين درجتى حرارة الهواء الداخلى والهواء الخارجى المظلل

ويمكن كتابة العلاقة السابقة بدلالة تغيير حجم هواء الحجرة فى الساعة كالآتى :

$$Q_v = \frac{1200}{3600} n V \Delta T = 2.3 n V \Delta T = C_v \Delta T$$

حيث أن

C_v معامل التهوية الطبيعية (وات/س)

n معدل تغيير حجم الهواء فى الساعة، ساعة^{-١}

بحيث تكون

$$C_v = \frac{1}{3} n V$$

ويمكن تقدير قيمة عدد مرات تغيير حجم هواء الحجرة من العلاقة التالية :

$$n = 0.49 + 0.09 \times V_w \quad \text{للنوافذ المغلقة}$$

$$n = 1.03 + 0.29 \times V_w^2 \quad \text{للنوافذ المفتوحة}$$

Crack Method

(ب) طريقة الشقوق

بزيادة سرعة الرياح فى الموقع يزداد معدل التسرب الحرارى من خلال الشقوق أو الفتحات مما يؤثر على أحمال التبريد أو التدفئة . يمكن تقدير حجم التسرب بالتهوية الطبيعية فى حالة وجود فتحات متوازية متقابلة رأسية على ارتفاعات مختلفة وذلك بتقدير معدل تدفق الهواء من العلاقات التالية :

Parallel opening

(١) فى حالة الفتحات المتوازية

$$m_v = 0.827 \sum A (\Delta P)^{1/2}$$

نوع التطبيق	صيفاً			شتاءً			درج ترطيب مقاسه بميزان جاف
	درجة الحرارة	الرطوبة النسبية	التذبذب فى درجة الحرارة	درجة الحرارة م°	الرطوبة النسبية	التذبذب فى درجة	
WOMJ V UJ* UMH	٢٥ - ٢٤	٥٠ - ٤٥	٢٥ - ٢٤	٢ - ١	٤٥ - ٢٥	٢ -	٢٥ - ٢٤
UOHA We d Æ UB* W (*U u qOL *U	٢٦ - ٢٥	٥٥ - ٥٠	١ - ٥	٢٤ - ٢٢	٤٥ - ٣٥	٢ -	٢٤
U UL < r UD UB	٢٦ - ٢٥	٥٥ - ٥٠	١ - ٥	٢٤ - ٢٢	٥٠ - ٤٠	٢ -	٢٤ - ٢٣
d UH WLN* *UOB A	٢٤ - ٢٣	٥٠ - ٤٥	٢ - ١	٢٥ - ٢٤	٤٥ - ٣٥	٢ -	٢٤

جدول رقم (٤-٤) درجات الحرارة داخل الأماكن المكيفة

٣-٤ الطرق الحسابية لتقدير مقدار التهوية الطبيعية المطلوبة

هناك طريقتان لتقدير حجم التهوية الطبيعية المطلوبة فى المباني وتسمى الطريقة الأولى بطريقة تغيير حجم هواء الحجرة أو المنشأ فى الساعة Air Change Method والطريقة الثانية تسمى بطريقة الشقوق Crack Method وهى كالتالى:

أ- طريقة تغيير حجم هواء الحجرة فى الساعة Air Change Method

يمكن حساب معدل التدفق الحرارى بالتهوية الطبيعية بالعلاقة التالية :-

$$Q_v = a C_{pa} V \Delta T = 1200 V \Delta T$$

حيث أن

V حجم هواء الحجرة، م^٣.

(٢) في حالة الفتحات المتصلة

Series opening

$$m_v = 0.827 \left\{ \frac{A_1 A_2}{\sqrt{A_1^2 + A_2^2}} \right\} (\Delta P)^{1/2}$$

حيث يمكن حساب فرق الضغط بالنسبة للحالة الأولى من :

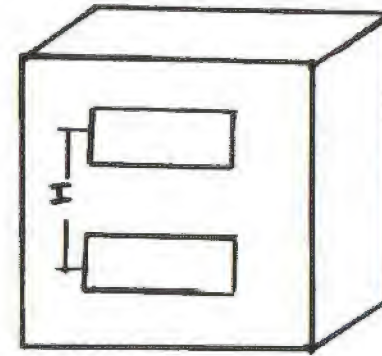
$$\Delta P = 1/2 \rho_a C_{pa} V_w^2$$

وكذلك يمكن حساب فرق الضغط بالنسبة للحالة الثانية من :

$$\Delta P = 3462 H (T_{ao}^{-1} - T_{ai}^{-1})$$

حيث أن H هو البعد بين الفتحات أو طول المدخنة

ρ_a	كثافة الهواء	كجم/م ^٣
C_{pa}	الحرارة النوعية للهواء	جول/كجم.س ^٢
V_w	سرعة الرياح بالموقع	م/ث



شكل (١-٤) فتحتان في حائط واحد والمسافة الرأسية بينهما (H)

٤-٤ الوسائل الطبيعية المختلفة للتحكم في حركة الهواء

تعتبر حركة الهواء واحدة من عناصر المناخ التي تؤثر على التصميم والتشكيل للمباني والفراغات، لذلك على المخطط والمعماري الاهتمام بدراسة حركة الهواء حول المباني وداخلها، والتعرف على الوسائل المختلفة للتحكم فيها بالتصميم البيئي للفراغات الخارجية والتصميم الداخلي لتوفير الظروف المريحة للإنسان.

١-٤-٤ تهوية الموقع

يتحرك الهواء من مكان إلى آخر عن طريق :

١- اختلاف الضغط الأيروديناميكي

٢- فرق الضغط نظراً لاختلاف درجات حرارة الهواء

لذا يمكن التحكم في توجيه حركة الهواء داخل الفراغات العمرانية باستخدام أحد خصائص تلك الطريقتين

١-١-٤-٤ التهوية باستخدام الخصائص الأيروديناميكية للتشكيلات المعمارية

يتحرك الهواء حول المباني مكوناً مناطق ضغط مرتفع ومناطق ضغط منخفض شكل رقم (٢-٤) حيث يتحرك الهواء دائماً من مناطق الضغط المرتفع إلى مناطق الضغط المنخفض، وتعتبر مناطق الضغط المرتفع التي تتميز بحالة ضغط ثابتة أو شبه ثابتة مصدراً لكمية كبيرة من الكتل الهوائية والتي تبقى لفترة طويلة تحت ظروف ثابتة نسبياً فتكتسب خصائص متجانسة تقريباً تبعاً بطبيعة سطح الأرض الملاصق لهذه الكتلة الهوائية. ومن العوامل الرئيسية التي تؤثر بصفة عامة على حركة الرياح، فرق الضغط الجوي وخشونة سطح الأرض والتضاريس وتجمعات الأشجار والغابات.

٢-١-٤-٤ تأثير التشكيل المعماري وأشكال المباني على حركة الهواء حولها:

بدراسة حركة الهواء حول المباني المنفردة، وجد أن المناطق التي تقع في ظل الرياح

تكون سرعة الهواء فيها أقل ويزداد ضغط الهواء على سطح المبنى المواجه لاتجاه حركة الهواء. وهذه المنطقة يتوقف طولها على نسب المبنى والتغيير فى اتجاه وسرعة الهواء والشكل رقم (٤-٣) يوضح طول منطقة ظل الرياح فى حالة سطح مستوى وحالة تغير شكل السطح للمبنى مع ثبات سرعة الرياح واتجاهها.

ويؤثر التشكيل العام للمباني والتجمعات السكنية فى تشكيل حركة الهواء داخل الفراغات وبين مجموعات المباني شكل (٤-٤) حيث إن شكل وارتفاع المباني يغير من اتجاه حركة الهواء ومناطق تكوين ظل الرياح والمسارات التى يسلكها الهواء حول المباني داخل الكتلة العمرانية، فعند تصميم المواقع للمجموعات السكنية يراعى وضع البلكنات بطريقة تؤدي إلى تمتع جميع المباني بالرياح السائدة، وبحيث لا تؤثر مناطق الظل فى التهوية المطلوبة فى الموقع. ووضع البلكنات مائلة على اتجاه الرياح يؤدي إلى تعرض أغلب الوحدات للرياح السائدة المفضلة، وهذا الحل يكون أفضل من وضع البلكنات بالتبادل. كما يجب دراسة وضع المباني بالنسبة لبعضها البعض عند اختلاف ارتفاعاتها وذلك للاستفادة القصوى من فرق الضغط فى التهوية. وتوجد عوامل أخرى مؤثرة على حركة الهواء ووضع المباني كطبيعة الموقع وملامحه من ميول وطبوغرافيه وغطاء نباتي، وعلى ذلك فمن الممكن التنبؤ بحركة الهواء والمطر باستخدام المعادلات الرياضية، ويحتاج الأمر فى أغلب الأحيان إلى تجارب معملية لدراسة حركة الهواء.

وتوجد برامج متعددة للحاسب الآلى لتحديد مناطق الضغط وسرعات الرياح المختلفة حول المباني حيث يمكن استخدامها سواء فى تنقية التهوية موقع قائم أو فى اختيار الوضع الأنسب لعناصر الموقع وعلاقتها ببعضها البعض.

٤-١-٣ التهوية بخلق فرق فى الضغط للاختلاف فى درجات حرارة الهواء

بتكوين مناطق فرق ضغط بين فراغ مظلل (بارد) وفراغ مشمس (حار) يمكن تحريك الهواء البارد فى الفراغ المظلل إلى الفراغ المشمس. لقد استخدمت هذه الفكرة فى عمل

التختبوش للحصول على التهوية حتى فى عكس اتجاه الهواء باستعمال نوعين من الفراغات، فراغ ضيق ومظلل فى اتجاه الرياح Wind ward والآخر واسع ومعرض للشمس ومحجوب عن الرياح وبذلك يتحرك الهواء البارد من الفراغ المظلل إلى الفراغ الواسع المشمس محدثا حركة هواء ملطفة. وقد أمكن استخدام هذه الفكرة على مستوى التخطيط للقرية أو قطاع سكنى فى المدينة، حيث يمكن الحصول على مكان مناسب وملئ للجلوس والاستمتاع مثل جلسة التختبوش بين ميدانين أحدهما أكبر من الثانى وتظليل الميدان الأصغر ويلاحظ أن تيارات الهواء المتولدة فى نفس اتجاه الهواء السائد فى المنطقة شكل رقم (٤-٤).

٥-٤ العوامل المؤثرة على تصميم فتحات التهوية بالمباني

١-٥-٤ توجيه وموضع فتحة التهوية

يشكل توجيه وموضع فتحة التهوية عنصراً هاماً في تحديد أدائها من حيث التهوية أو الإضاءة بالنسبة للفراغات الداخلية، وأيضاً كمية الحرارة التي يستقبلها المبنى ويقصد بالموضع:

أولاً : موضع التهوية بالنسبة للسطح الخارجى لواجهات المبنى المختلفة الارتفاع والتكرارية... الخ، وعلاقته بالشروط البيئية السائدة من هذا الموضع.

ثانياً : موضع فتحة التهوية بالنسبة للفراغ الداخلى مع الاتجاهات المختلفة للرياح.

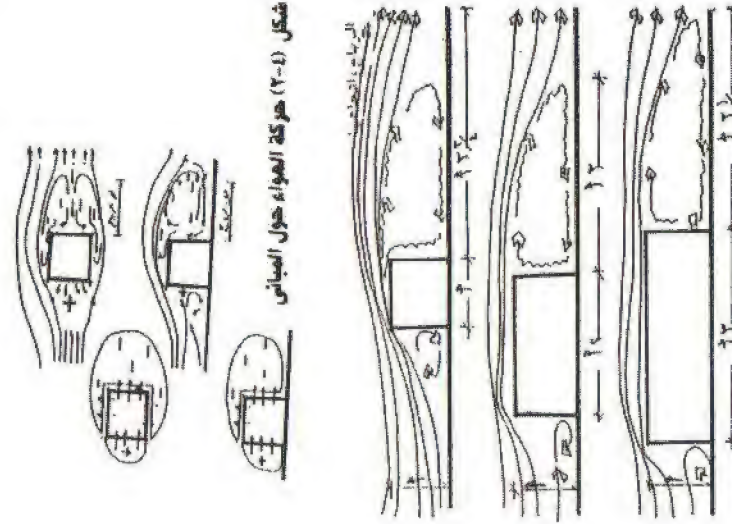
ثالثاً : العلاقة المكانية بين الفتحات من الفراغ الواحد مع الاتجاهات المختلفة للرياح.

٢-٥-٤ موقع فتحة التهوية بالنسبة للسطح الخارجى للواجهات

تختلف الشروط البيئية لأسطح المبنى باختلاف ارتفاع فتحة التهوية عن سطح الأرض، وكذلك بتغير خصائص الأسطح المحيطة شكل رقم (٥-٤).

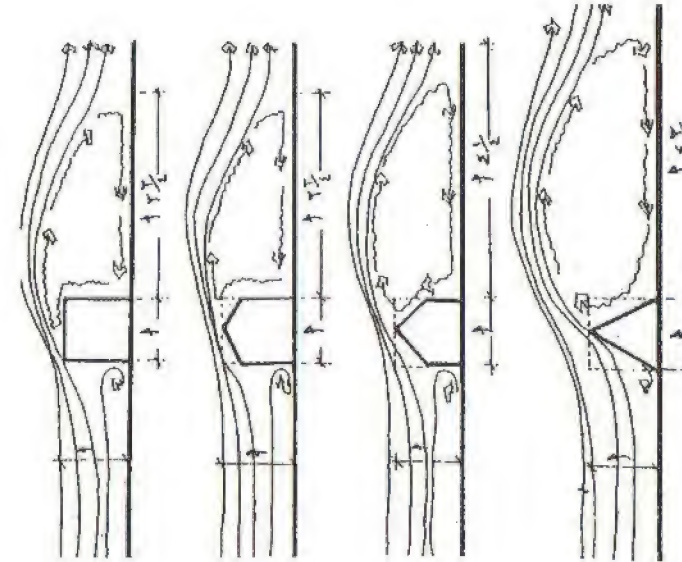
ويختلف شكل حركة الهواء داخل الكتلة العمرانية حسب شكل وتصميم شبكة الممرات شكل رقم (٦-٤) وتوجيه حركة الهواء داخل الفراغ العمرانى يتم توجيه الفراغ بحيث يكون البعد الأكبر للفراغ فى اتجاه الرياح السائدة (الشمالية أو الشمالية الغربية) وذلك للسماح بدخول الهواء لداخل الفراغ، ويساعد توجيه الفراغ العمرانى على التحكم فى التهوية الداخلية للسماح بحركة الهواء داخله وذلك فى المناطق الساحلية حيث تكون حركة الهواء ضرورية لتقليل الاحساس بالاجهاد الحرارى الناتج عن ارتفاع درجات الحرارة المصاحبة لارتفاع معدل بخار الماء، وهنا تفضل المسافات الأكبر بين المباني للسماح بحركة الهواء بينها بسرعة كبيرة.

أما فى المناخ الصحراوى فينبغى عدم السماح بحركة الهواء داخل الكتلة العمرانية فى حدود معينة وذلك ليلاً حيث تكون درجة حرارة الهواء أقل من الكتلة، حيث تؤدي الحركة غير المدروسة إلى زيادة الإحساس بالإجهاد الحرارى.



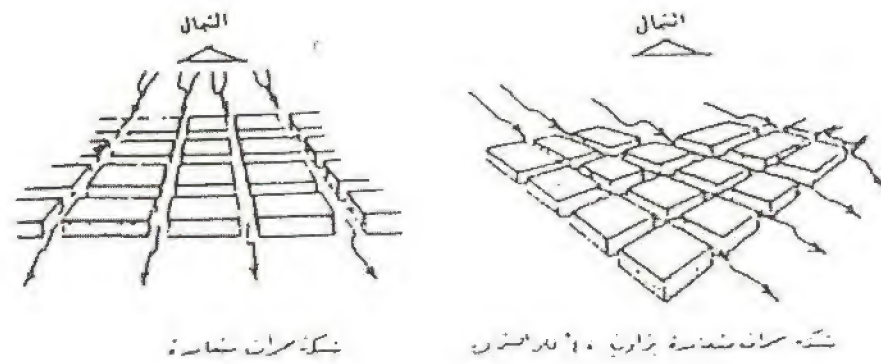
شكل (٣-٤) طول منطقة ظل الرياح فى

حالة سطح مستوى



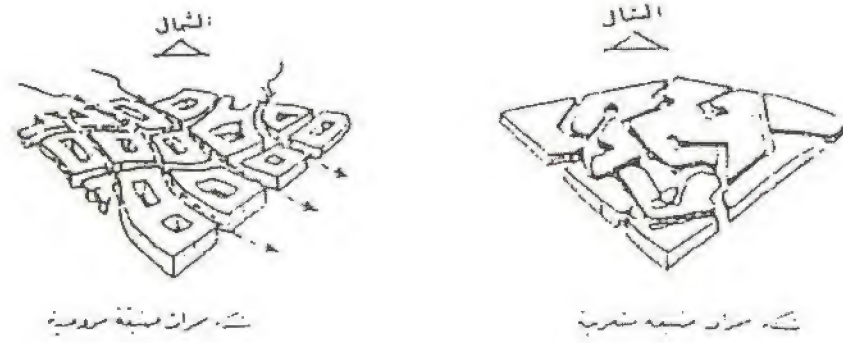
شكل (٤-٤) طول منطقة ظل الرياح لأسقف مختلفة

مع تساوى عمق المبنى مع الارتفاع



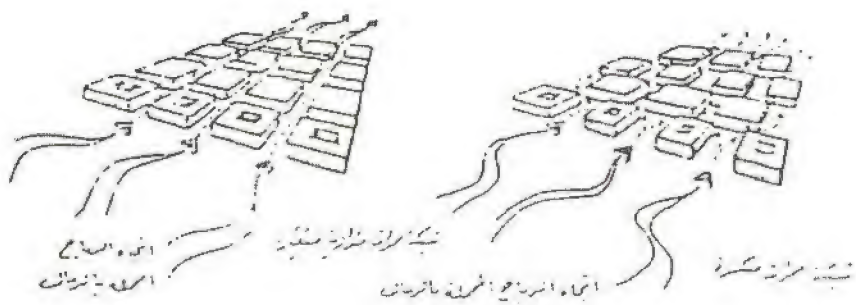
شبكة ممرات مستقيمة

شبكة ممرات متعرجة بزوايا ٩٠° و ٤٥°



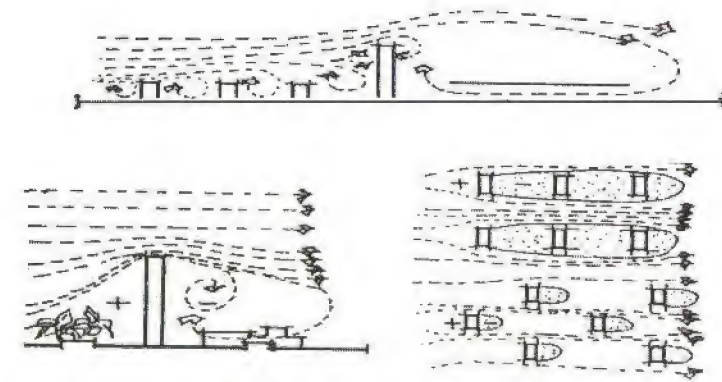
شبكة ممرات متعرجة مدوارة

شبكة ممرات متعرجة مستقيمة

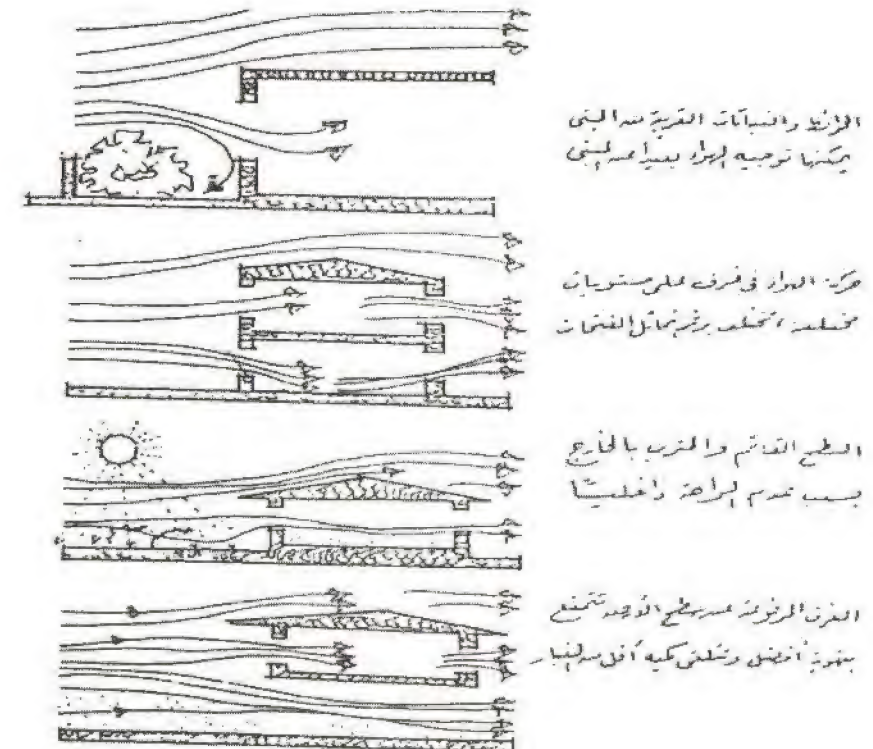


الشمال
الشمال

شكل (٧-٤) تأثير شبكة الممرات على حركة الهواء



شكل (٥-٤) تأثير التشكيل العام للمباني على حركة الهواء داخل الفراغات



شكل (٦-٤) تأثير الشروط البيئية على شكل التهوية

العزل والسلوك الحرارى للمنشآت

انتقال الحرارة بالإشعاع	١-٥
انتقال الحرارة بالتوصيل	٢-٥
المواصلة الحرارية السطحية	٣-٥
المقاومة الحرارية الكلية	٤-٥
المعاملات الحرارية الطبيعية	٥-٥
الانتقالية الحرارية الكلية للنوافذ والحوائط معاً	٦-٥
درجة حرارة الجو الخارجى المحيط ، (درجة حرارة الهواء الشمسية)	٧-٥
متوسط درجة الحرارة الإشعاعية الداخلية	٨-٥
درجة حرارة الجو الداخلى المحيط	٩-٥
الاكتساب الحرارى للحوائط والأسقف المعرضة	١٠-٥
اختيار المادة العازلة	١١-٥
التنبؤ بالمتوسط اليومي لدرجات حرارة الجو الداخلى المحيط	١٢-٥
المواد العازلة للحرارة	١٣-٥

٥- العزل والسلوك الحرارى للمنشآت

الانتقال الحرارى

كما هو معروف فى علوم طبيعة المنشآت أن الحرارة تنتقل فى المنشآت بأربع طرق مختلفة وهى: الحمل Convection وينقسم إلى قسمين حمل حر أو طبيعى Free or Natural Convection وحمل مرغم Forced Convection. والطريقة الثانية وهى بالإشعاع الذى يمكن تقسيمه إلى طويل الموجة Long Wave Radiation أو Thermal Radiation وقصير الموجة Short Wave Radiation. والطريقة الثالثة والتى تعيننا كثيراً هى الانتقال الحرارى بالتوصيل أو بالتلامس Conduction والطريقة الرابعة وهى بالتهوية الطبيعية أو التسرب Ventilation or Infiltration.

١-٥ انتقال الحرارة بالإشعاع:

وهو نوع من الطاقة التى يبعثها سطح مادة تكون درجة حرارته أعلى من الصفر المطلق ولا يحتاج إلى وسط مادي ويمكن كتابة العلاقة الخطية المبسطة التى يفضل استخدامها كالتالى :

$$Q_r = A h_r (T_{s1} - T_{s2}) \dots\dots\dots (1)$$

T_{s1} هى درجة حرارة الوسط المحيط بالسطح الأول T_{s2}

حيث h_r هو معامل انتقال الحرارة بالإشعاع ويعرف بالعلاقة التالية:

$$h_r \simeq 4 \varepsilon \sigma T_{sm}^3 \dots\dots\dots (2)$$

h_r تساوي ١٣ وه (عند درجة ٢٠ س°) أو ٤.٦٣ (عند درجة ١٠ س°) أو ٤.١٥ (عند درجة صفر) أو ٣.٧١ (عند درجة -١٠ س°).

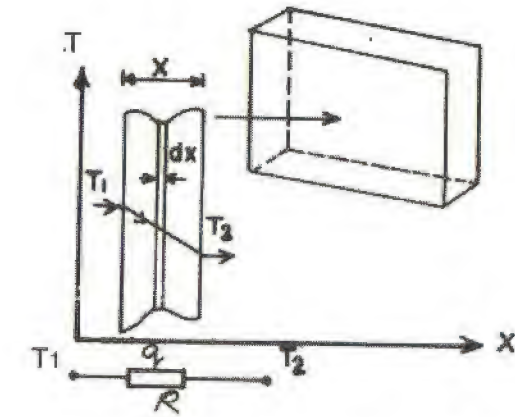
σ هو ثابت استيفان - بولتزمان

$$= 17 \times 10^{-2} \text{ وات/م}^2 \cdot \text{ك}^{\circ}$$

ε معامل البث الحرارى = ١ فى حالة الجسم كامل السواد ويعرف بالسطح المشع المثالى.

٢-٥ - انتقال الحرارة بالتوصيل:

ولتقليل سريان الحرارة خلال مواد البناء نلجأ إلى استخدام مواد العزل الحرارى، علماً بأن معدل انتقال الحرارة خلال المواد المتجانسة الصلبة يتناسب مع مساحة السطح المار عمودياً مع اتجاه سريان الحرارة ومع التغير فى درجات الحرارة بالنسبة للتخانة : أى أن



$$Q \propto A \frac{dT}{dx}$$

$$Q = k A \frac{\Delta T}{dx}$$

$$Q = \frac{(T_1 - T_2)}{X / KA} \quad \dots\dots\dots 3$$

حيث أن: k الموصلية الحرارية للمادة ووحداتها، $W / m^{\circ}C$ (أنظر الجدول رقم ٥ - ١)

A مساحة السطح المعرض، m^2

ويمكن مقارنة هذه المعادلة بقانون أوم

$$\text{Current (التيار)} = \frac{\text{Potential Difference (فرق الجهد)}}{\text{Resistance (المقاومة)}} \quad \dots\dots\dots (4)$$

$$I = \frac{V}{R}$$

وبالمقارنة نجد أن

وتسمى بالمقاومة الحرارية للمادة $m^2 \cdot ^{\circ}C / W$

$$R = \frac{X}{KA}$$

وفى حالة وحدة المساحات تصبح

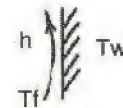
$$R = \frac{X}{K}$$

أى خارج قسمة التخانة على الموصلية الحرارية

٣-٥ المواصلة الحرارية السطحية

Surface Thermal Conductance [$h \dots\dots W/m^2 \cdot ^{\circ}C$]

لحساب معدل انتقال الحرارة بالحمل بين سطح حائط والهواء أو المائع المحيط به - يمكن استخدام المعادلة التالية



$$Q_C = h_c A (T_w - T_f) \quad \dots\dots\dots (5)$$

وتعرف h_c بالمواصلة الحرارية السطحية وتعتمد قيمها على الخواص الحرارية الطبيعية للمائع (هواء) مثل الكثافة والحرارة النوعية والموصلية الحرارية للمائع وسرعة المائع V_w (م/ث) وطبيعة سطح الحائط (أملس أو خشن) ويوجد هناك مواصلة حرارية سطحية للحائط المعرض وتسمى h_o وأخرى داخلية داخل الحجرة وتسمى h_i ويمكن تقدير وحساب كل منهما كالاتى :-

$$h_o = 5.7 + 4.1 * V_w \quad V_w < 5 \quad \dots\dots\dots (6)$$

حيث أن V_w هى سرعة الرياح (م/ث) وإذا كانت سرعة الرياح تتراوح بين ٥ الى ٣٠ م/ث، يجب استخدام العلاقة التالية :

$$q = \frac{K_o}{\delta_o} (T_{eo} - T_1) \quad (a)$$

من السطح الداخلى للحائط إلى الهواء الداخلى المحيط

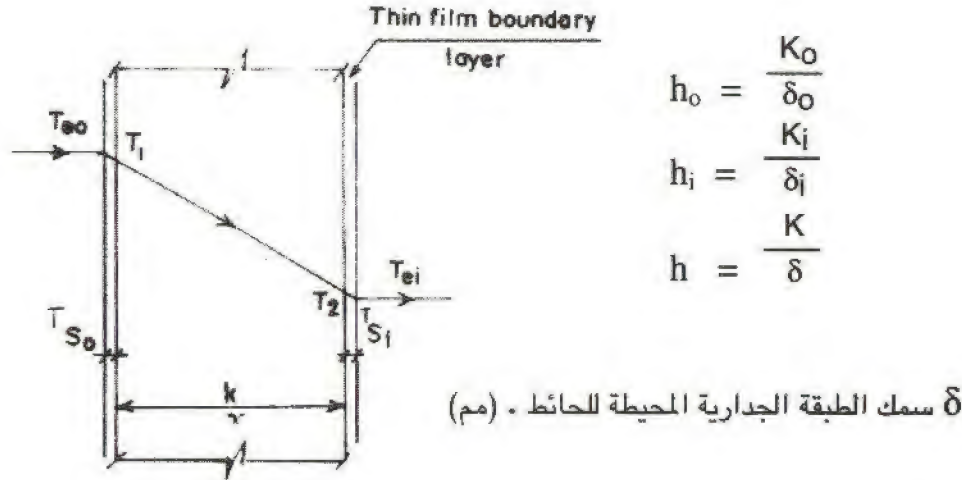
$$q = \frac{K_i}{\delta_i} (T_2 - T_{ei}) \quad (b)$$

ويمكن أن تنتقل الحرارة بالحمل من المائع إلى الجدار وبالعكس كالاتى :

$$q = h_o (T_{eo} - T_1) \quad (c)$$

$$q = h_i (T_2 - T_{ei}) \quad (d)$$

بمقارنة معادلة (a) مع (c) أو (b) مع (d) نجد أن



وفى حالة الثبات أوالاتزان الحرارى نجد أن الحرارة تنتقل من الهواء الخارجى المحيط T_{eo} إلى سطح الخارجى T_1 تساوى كمية الحرارة المنتقلة من السطح الخارجى للحائط إلى السطح الداخلى وتساوى كمية الحرارة المنتقلة إلى الهواء الداخلى

$$h_o = 7.2 V_w^{0.78} \quad 5 \leq V_w \leq 30 \quad (7)$$

ويمكن حساب الموصلة الحرارية السطحية الداخلية h_i من العلاقة التقديرية التالية :

$$h_i = 2.8 + 3.0 V_w \quad V_w \leq 7 \quad (8)$$

ويمكن حساب المقاومة السطحية الخارجية والداخلية من العلاقات التالية:

$$R_{so} = 1/(eh_r + h_o) \quad (9)$$

$$R_{si} = 1/(1.2 eh_r + h_i)$$

المقاومة الكلية للحائط يساوى المجموع الجبرى لمقاومة الهواء الداخلية والخارجية ومقاومة

$$R_t = R_{so} + R_i + R_{si} \quad \text{الحائط أى :}$$

4-5 المقاومة الحرارية الكلية (Total Thermal Resistance R_t) ($m^2 \cdot ^\circ C/W$)

U-value/Thermal Transmittance ($W/m^2 \cdot ^\circ C$) والانتقالية الحرارية الكلية

لحساب كمية الحرارة المنتقلة من الهواء الخارجى المحيط (T_{eo}) إلى الهواء الداخلى المحيط (T_{ei}) خلال حائط تخانته (x) والموصلية الحرارية له (k) - نلاحظ أن درجته تنخفض بسرعة من T_{eo} إلى T_1 فى المنطقة الملاصقة والمحيطة لجدار الحائط وكذلك من T_2 إلى T_{ei} التى T_{ei} والتى تسمى Thin Film وتخانته δ_i ، δ_o وتنتقل الحرارة خلالها بالتوصيل ويمكن كتابة معادلات انتقال الحرارة بالتوصيل كالاتى :

من المائع (الهواء الخارجى المحيط) إلى جدار الخارجى للحائط

المحيط، أى أن :

$$q = h_o (T_{eo} - T_1) = (T_1 - T_2) \frac{K}{X} = h_i (T_2 - T_{ei})$$

$$\frac{q}{h_o} = (T_{eo} - T_1), \quad \frac{qx}{K} = (T_1 - T_2), \quad \frac{q}{h_i} = (T_2 - T_{ei})$$

وبالجمع الجبرى نجد أن

$$T_{eo} - T_1 + T_1 - T_2 + T_2 - T_{ei} = \frac{q}{h_o} + \frac{qx}{K} + \frac{q}{h_i}$$

أى أن :

$$q = \frac{T_{eo} - T_{ei}}{\frac{1}{h_i} + \frac{x}{K} + \frac{1}{h_o}}$$

$$q = \frac{T_{eo} - T_{ei}}{R_t}$$

وتسمى R_t بالمقاومة الحرارية الكلية للجدار ووحداتها لكل م². س/ه / وات

$$R_t = \frac{1}{R_t} + \sum_1^n \frac{X_i}{K_i} + \frac{1}{h_i}$$

أى المجموع الجبرى لمجموع المقاومات الحرارية لكل طبقة على حده

$$R_t = R_{so} + \sum_{i=1}^n R_i + R_{si} \quad (10)$$

علماً بأن مقاومة الهواء فى الحوائط المزدوجة التى يكون فيها البعد بين الحوائط حوالى ٢سم تساوى ٠.١٨ م². س/ه / وات.

ومقلوب المقاومة الحرارية الكلية يسمى بالانتقالية الحرارية الكلية للجدار ويرمز له بالرمز U ، أى أن

$$U = \frac{1}{R_t} = \frac{1}{R_{so} + \sum_{i=1}^n R_i + R_{si}} \quad (11)$$

ويمكن تقدير درجة حرارة الأسطح الداخلية (T_{si}) ودرجة حرارة الأسطح الخارجية (T_{so}) للحوائط المعرضة بمعلومية درجة حرارة الجو الداخلى المحيط ودرجة حرارة الهواء الخارجى من المعادلات التالية وذلك فى حالة إهمال تأثير الأشعة الشمسية (أى أن $T_{eo} \simeq T_{ao}$) مثل الحوائط الشمالية كالتى :

$$\left. \begin{aligned} T_{si} &= U \{ (R_{so} + \sum R_i) T_{ei} + R_{si} T_{ao} \} \\ T_{so} &= U \{ (R_{so} T_{ei} + (\sum R_i + R_{si}) T_{ao} \} \end{aligned} \right\} \quad (12)$$

مثال :

احسب معدل التدفق الحرارى خلال الأسطح الخارجية الموضحة لمنزل من طابق واحد حيث أن مساحة الحوائط الخارجية المعرضة حوالى ١١٠ م² ومساحة النوافذ ١٤ م² ومساحة السقف المعرض ٣٦ م² حيث أن الفرق بين درجة حرارة الجو الخارجى والداخلى ٢١ س°

الحل :

الانتقالية الحرارية الكلية U - value

العناصر	بدون عزل	معزولة
الحوائط	١.٥ وات / م ² س°	إضافة ٣٠ مم مادة عازلة
السقف	١.٥ وات / م ² س°	إضافة ٥٠ مم مادة عازلة
الفتحات الزجاجية	٣.٤ وات / م ² س°	الموصلية الحرارية لها ٠.٢٦ ر. س° / م. س° ٢.٥ وات / م ² س°

$$= 2297 \text{ W} = 2.297 \text{ KW}$$

لحساب نسبة الوفرة في الطاقة بعد عزل الأسطح الخارجية المعرضة.

$$\text{Reduction} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} \times 100$$

$$\text{Heat Loss percent} = 60.8 \%$$

الأشكال رقم (٥-١-أ) إلى (٥-١-ج) توضح قيم الموصلية الحرارية (k) والانتقالية الحرارية الكلية (U) للطوب المفرغ والمصمت المعزول وغير المعزول والبلوكات الخرسانية المفرغة والمصمتة بتخانات مختلفة.

الحالة الأولى : منزل بدون عزل حراري

$$Q_1 = \Delta T (\Sigma AU)$$

$$= \Delta T (A_w U_w + A_c U_c + A_g U_g)$$

$$= 21 (110 \times 1.5 + 36 \times 1.5 + 14 \times 4.3)$$

$$= 5860 \text{ W} = 5.86 \text{ KW}$$

الحالة الثانية : منزل معزول حرارياً

(١) المقاومة الحرارية للجدار بعد العزل

$$R_w = \frac{1}{U_w} + \frac{L}{K}$$

$$= \frac{1}{1.5} + \frac{.03}{.026} = 1.82$$

$$U_{w, \text{new}} = 0.55 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$$

(٢) المقاومة الحرارية للسقف بعد العزل

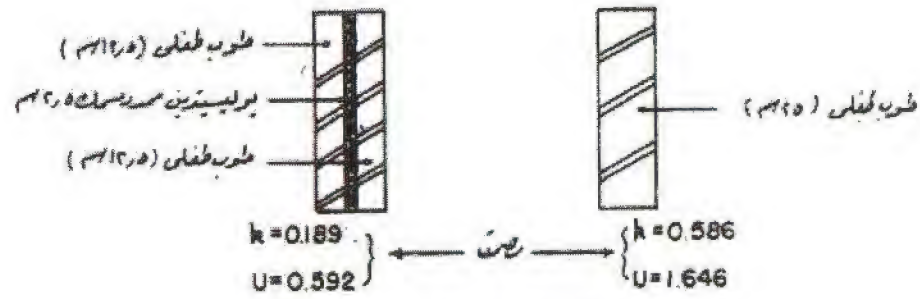
$$R_c = \frac{1}{1.5} + \frac{.05}{.026} = 0.667 + 1.923 = 2.54$$

$$U_{c, \text{new}} = 0.386 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$$

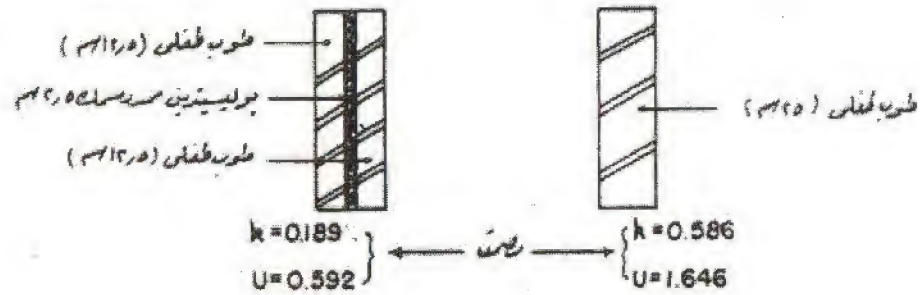
لحساب معدل الفقد الحراري للمنزل بعد إضافة المادة العازلة للحرارة للجدار والسقف وتغيير النوافذ، نجد أن :

$$Q_2 = 21 (110 \times 0.55 + 36 \times 0.386 + 14 \times 2.5)$$

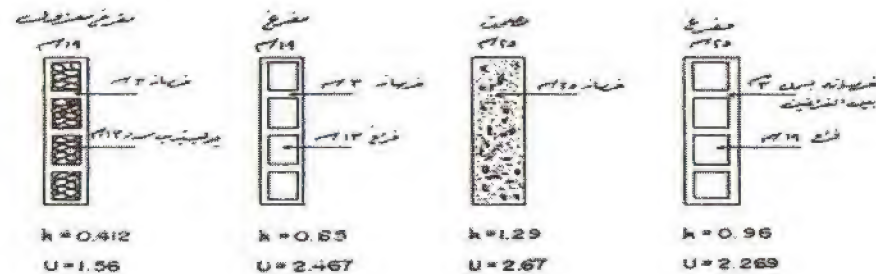
$$= 21 (60.5 + 13.896 + 35)$$



شكل رقم (أ/١-٥) حوائط من الطوب الرمل
بسمك (١٢,٥ سم) غير معزولة وأخرى معزولة ببلاطات التايل فوم



شكل رقم (ب/١-٥)
حوائط من الطوب الطفلى بسمك (٢٥,٠ سم) غير معزولة وأخرى معزولة فى المنتصف



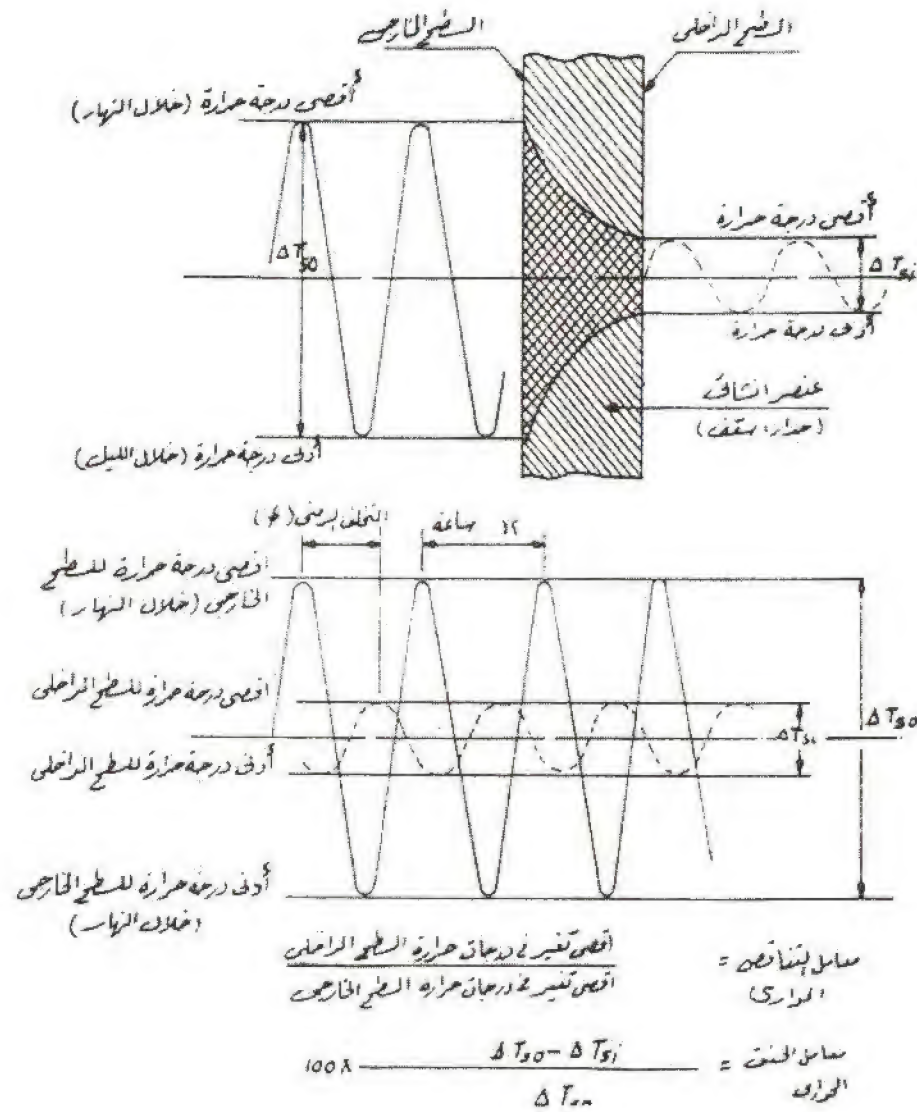
شكل رقم (ج/١-٥)

حوائط من البلوكات الأسمنتية المفرغة والمصمتة والمعزولة بتخانات مختلفة

المادة	الكثافة p كجم / م ^٣	الموصلية الحرارية k وات/ م.س	الحرارة النوعية Cp
(أ) مواد البناء			
طوب أسمنتى مصمت	١٦٠٠ - ٢٠٠٠	١.٢ - ١.٤	٨٨٠
طوب رملى وردى	١٨٠٠	١.٥٩	٨٣٥
طوب الليكا المفرغ	١٣٠٠ - ١٠٠٠	٠.٣٥ - ٠.٤٥	١٠٠٠
طوب طفلى مفرغ	١٨٥٠ - ٢٠٠٠	٠.٥٥ - ٠.٦٥	٨٣٥
الحجر الجبرى	٢٣٨٠	٠.٧٣	٨٤٠
الحجر الرملى	٢٢٦٠	٠.٩٧	٨٤٠
رمل	١٥٢٠	٠.٣٣	٨٠٠
جبس	١٢٠٠	٠.٤٣	١٠٨٠
خرسانة	٢٣٠٠	٠.٩٣	٦٥٣
(ب) المواد العازلة			
خرسانة رغوية	٤٥٠ - ٥١٥	٠.١٨ - ٠.٢١	١٠٠٠
خرسانة خفيفة	٨٠٠	٠.٢٧٥	١٠٠٠
السلتون	٣٥٠ - ٤٥٠	٠.٠٩ - ٠.١٢	٥٥٠
الواح البوليسترين الممدد	١٥ - ٣٠	٠.٠٣٧ - ٠.٠٣٠	٨٣٥
الواح البوليسترين المشقوق	٢٥	٠.٠٣	٨٣٥
الواح البوليورتين	٣٠	٠.٠٢٧	٨٣٥
صوف صخرى	١٤٠	٠.٠٤	٨٣٥
صوف زجاجى	٥٢	٠.٠٣٨	٦٦٠
(ج) التشطيبات			
رخام	٢٦٠٠	٢.٦	٨٨٠
جرانيت	٢٨٠٠	٣.٥	٩٠٠
مخارة	٢١٠٠	٠.٧٥	٨٣٥
خشب	٣٥٠ - ٧٥٠	٠.١١ - ٠.١٦	٢٠٠٠
حديد / صلب	٧٢٠٠ - ٧٧٠٠	٤٥ - ٦٠	٥٠٠
ألومنيوم	٢٧٤٠	٢٢١	٨٩٥

جدول رقم (١-٥)

الخواص الحرارية الفيزيائية لمواد البناء والمواد العازلة للحرارة



شكل (٥-٢) رسم يوضح انتقال الموجة الحرارية المؤثرة على السطوح الخارجية لعناصر البناء إلى السطوح الداخلية مع بيان قيمتي التخلف الزمني ومعامل التناقص الحراري والخنق الحراري

٥-٥ المعاملات الحرارية الطبيعية Thermo - Physical Factors

(أ) معامل التناقص الحراري [λ ; %] Thermal Decrement Factor

هو النسبة بين المدى الحراري للأسطح الخارجية والداخلية (المدى الحراري هو الفرق بين درجات الحرارة العظمى والصغرى) ويمكن تعيينه كالآتي:-

$$\lambda = \Delta T_{si} / \Delta T_{so} \quad \dots \dots \dots (13)$$

(ب) معامل الخنق الحراري (Ds; %) Coefficient of Thermal Damping

يمكن حساب معامل الخنق الحراري للمنشأ بمعرفة الفرق (التذبذب) في درجات حرارة الأسطح الخارجية المعرضة وكذلك الفرق (التذبذب) في درجات حرارة الأسطح الداخلية غير المعرضة وتحسب من العلاقة التالية :

$$D_s = ((\Delta T_{so} - \Delta T_{si}) / \Delta T_{so}) * 100 \quad \dots \dots \dots (14)$$

ويلاحظ أنه كلما زادت قيمة هذا المعامل، زاد تحسن السلوك الحراري للمنشأ.

(ج) - التخلف الزمني Time Lag: (φ ; hours)

هو الفرق الزمني للنهيات العظمى لكل من المؤثرات الخارجية والاستجابة الحرارية الداخلية كما هو مبين بالشكل رقم (٥-٢) - ويمكن حساب التخلف الزمني للحائط بمعرفة ثابت الزمن الحراري من المعادلة التالية:

$$\phi = 0.5 \sqrt{24 t_c / \pi} \quad \dots \dots \dots (15)$$

وفي حالة الحوائط السميكة يمكن استخدام المعادلة التالية :

$$\phi = 1.18 + \frac{2\pi}{24} * t_c \quad \dots \dots \dots (16)$$

(د) ثابت الزمن الحرارى Thermal Time Constant: (t_c ; hours)

خارج قسمة الموصلية الحرارية لمادة الجدار المصمت (k) على الكثافة والحرارة النوعية للمادة (ρ, C_p) تسمى بالانتشارية الحرارية Thermal Diffusivity وهي تمثل سرعة انتشار الحرارة داخل الجدار، أى

$$\alpha = k / \rho C_p \quad (m^2/s)$$

ولتعيين سرعة انتشار الحرارة فى الحوائط المركبة (متعددة الطبقات) يجب حساب ثابت الزمن الحرارى للجدار المركب من المعادلة التالية :

$$t_c = R_{so} \sum_{i=1}^m (\rho C_p L)_i + \sum_{i=1}^m \left(\frac{L}{k} \right) \sum_{j=1}^m (\rho C_p L)_j - 0.5 \sum_{j=1}^m \left(\frac{L}{k} \right)_j (\rho C_p L)_i \quad (17)$$

وفى حالة الجدار المفرد، تصبح المعادلة :

$$t_c = (R_{so} + kL/2) (L \rho C_p)$$

وثابت الزمن الحرارى له وحدات الزمن وتدخل فى حساب وتقدير التخلف الزمنى للعناصر الإنشائية.

٥-٦ الانتقالية الحرارية الكلية للنوافذ والحوائط معاً

Total Thermal Transmittance for Windows and Walls: (U_o ; $W/m^2 \cdot ^\circ C$)

تشكل النوافذ والواجهات الزجاجية نسبة لا يستهان بها من مساحة الجدران الخارجية للمنشأ قد تصل إلى حوالى ٢٠٪ من مساحة الجدار وفى الآونة الأخيرة شاع استخدام الواجهات الزجاجية ذات إطار من مادة الألومنيوم وهى أحد المواد ذات مواسلة حرارية جيدة. بحيث أن الانتقالية الحرارية للنوافذ ذات إطار معدنى ترفع من

قيمة الانتقالية الحرارية بحوالى ٢٥٪.

وتحسب الانتقالية الحرارية الإجمالية للجدار مع النافذة بالمعادلة التالية :

$$U_o = \sum AU / \sum A \quad (18)$$

أى :

$$U_o = (A_w U_w + A_g U_g) / (A_w + A_g) \quad (19)$$

حيث أن :

U_o الانتقالية الحرارية للجدار مع النوافذ ، وات / (م.٢. س.ه)

A_g مساحة الواجهة الزجاجية ، م

A_w مساحة الجدار المصمت، م

U_w الانتقالية الحرارية للجدار المصمت، وات / (م.٢. س.ه)

U_g الانتقالية الحرارية للنافذة ، وات / (م.٢. س.ه)

الجدول رقم (٥-٢) يوضح قيم الانتقالية الحرارية المعتمدة فى الكودات والتي يجب مراعاتها عن تصميم المنشآت.

ويمكن حساب قيمة الانتقالية الحرارية للحجرة أو المنشأ بنفس مفهوم المعادلة

السابقة وهى :

$$U_e = \frac{A_w U_w + A_g U_g + A_f U_f + A_c U_c + \dots}{A_w + A_g + A_f + A_c + \dots} \quad (20)$$

الكسب الحرارى خلال النوافذ الزجاجية الأحادية :

يمكن صياغة العلاقة الرياضية لحساب كمية الحرارة المنتقلة عبر وحدة المساحات الى

الهواء الداخلى للحجرة كالآتى :

$$q_{g,t} = F I_t + U_g (T_{ao,t} - T_{ai,t}) \quad \dots\dots\dots (21)$$

حيث أن :

U_g الانتقالية الحرارية للنافذة الزجاجية ويمكن حسابها، أنظر الجدول رقم (٥-٦).

$$U_g = h_i h_o / (h_i + h_o) \quad \dots\dots\dots (22)$$

F معامل الكسب الشمسى للنافذة.

$$F = t + \alpha U / h_o = 0.87 \quad \dots\dots\dots (23)$$

$$q_{g,t} = (SC) (SHGF)_t + U_g (T_{ao,t} - T_{ai,t})$$

حيث أن: SC معامل التظليل الشمسى، α معامل الامتصاص السطحي للأشعة الشمسية، أنظر الجدول رقم (٥-٦).

$$SC = 1.15 * F \quad \dots\dots\dots (24)$$

$SHGF$ الاكتساب الحرارى للنافذة، أنظر جدول رقم (٥-٣، ٥-٤) لكل من القاهرة خط عرض ٣٠° وأسوان خط عرض ٢٤°.

٥-٧ درجة حرارة الجو الخارجى المحيط، (درجة حرارة الهواء الشمسية)

Outdoor Environmental Temperature (Sol-Air temperature; T_{eo} or T_{so1})

تسقط الأشعة الشمسية على الجدران الخارجية للحوائط والأسقف فتمتص جزءاً منها وتعكس بعضها وتسمح للباقي بالنفاذ بالتوصيل الحرارى. وتقوم هذه الأشعة الممتصة برفع درجة حرارة السطح الخارجى للحوائط. وحساب درجة الحرارة تحت تأثير الأشعة الشمسية ولون الأسطح والمقاومة الحرارية السطحية للهواء المحيط تسمى بدرجة حرارة الهواء الخارجى المحيط T_{eo} وهى درجة افتراضية لا يمكن قياسها وتحسب

البلد	الحوائط الخارجية	الاسقف المعرضة	الأرضيات	الشبابيك وملاحظات
كندا	٠.٣٣	٠.١٨	٠.٢١-٠.٦	الشبابيك محسوبة مع الحوائط
الدانمرك	٠.٣-٠.٤	٠.٢٠	٠.٣	٢٩، ١٥٪ من مساحة الأرضية
فيلندا	٠.٣-٠.٣٥	٠.٢٣-٠.٢٩	٠.٢٣-٠.٢٩	٢٩، ١٥٪ من مساحة الأرضية
ايرلندا	٠	٠.٤٠٠	٠.٦٠٠	٨٥٪ من مساحة المبنى الكلى
النرويج	٠.٦٠	٠.٢٣	٠.٢٣-٠.٣٠	الشبابيك محسوبة مع الحوائط الخارجية
السويد	٠.٤٥	٠.٢٠	٠.٢٠٠	٢٠
المجنترا	٠.٣٠	٠.٦٠	٠.٦٠	٨٥٪ من مساحة الحائط الخارجى
تركيا	٠.٦٠	٠.٣٨	٠.٦٥	٨٥٪ من مساحة الأرضية ، اختيارى
الكويت	١.٠٠	٠.٤٠	-	-----
الأردن	٠.٥٧	١.٠	-	للجزء المصمت فقط
	١.٨			

ملحوظة : هذه الارقام توضيحية فقط وتتغير من منطقة إلى أخرى خلال المناطق المناخية فى بعض البلاد نفسها ويعاد تقييمها كل فترة زمنية.

جدول رقم (٥-٧) مقارنة بين الانتقالية الحرارية الكلية
(الحد الأقصى المسموح به) لبلاد مختلفة (وات / م^٢ س[°])

Lat=30.1 Day= 21.0 Month = 6 Dec=23.4 Alt= 40.0 Slop= 90.0 Row= .2
SunRise=5.03 Color = .052

Time	Edn	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	HD	Hd	HOR
6	391.8	148.0	330.5	338.9	168.4	33.4	33.4	33.4	33.4	78.3	52.5	130.8
7	657.5	193.3	506.7	562.8	328.9	67.6	67.6	67.6	67.6	266.4	88.1	354.5
8	772.8	166.8	513.9	613.9	409.1	92.0	92.0	92.0	92.0	461.0	103.6	564.5
9	832.1	123.8	444.4	569.5	425.8	110.7	110.7	110.7	110.7	633.0	111.5	744.5
10	864.4	124.2	334.2	461.3	390.9	164.4	124.2	124.2	124.2	766.7	115.8	882.5
11	880.9	132.5	205.0	310.3	311.5	207.9	132.5	132.5	132.5	851.1	118.0	969.1
12	886.0	135.3	135.3	135.3	197.3	223.0	197.3	135.3	135.3	879.9	118.7	998.7
13	880.9	132.5	132.5	132.5	132.5	207.9	311.5	310.3	205.0	851.1	118.0	969.1
14	864.4	124.2	124.2	124.2	124.2	164.4	390.9	461.3	334.2	766.7	115.8	882.5
15	832.1	123.8	110.7	110.7	110.7	110.7	425.8	569.5	444.4	633.0	111.5	744.5
16	772.8	166.8	92.0	92.0	92.0	92.0	408.1	613.9	513.9	461.0	103.6	564.5
17	657.5	193.3	67.6	67.6	67.6	67.6	328.9	562.8	506.7	266.4	88.1	354.5
18	391.8	148.0	33.4	33.4	33.4	33.4	168.4	338.9	330.5	78.3	52.5	130.8
Avg N= 93.8 Avg NE= 148.5 Avg E= 174.1 Avg SE= 136.8												
Avg S= 154.4 Avg SW= 136.8 Avg W= 174.1 Avg NW= 148.5												

Outdoor Environmental Temperature CAIRO-JUNE										HOR
Time	To	Tn	Tae	Te	Tse	Ts	Tsw	Tw	Tnw	
1	20.3	20.3	20.3	20.3	20.3	20.3	20.3	20.3	20.3	16.4
2	22.2	22.2	22.2	22.2	22.2	22.2	22.2	22.2	22.2	18.3
3	21.7	21.7	21.7	21.7	21.7	21.7	21.7	21.7	21.7	17.8
4	21.2	21.2	21.2	21.2	21.2	21.2	21.2	21.2	21.2	17.3
5	20.8	20.8	20.8	20.8	20.8	20.8	20.8	20.8	20.8	16.9
6	21.8	30.9	42.0	42.5	32.1	23.8	23.8	23.8	23.8	22.0
7	23.0	34.8	54.0	57.4	43.1	27.1	27.1	27.1	27.1	33.0
8	24.5	34.7	55.9	62.1	49.5	30.1	30.1	30.1	30.1	44.6
9	26.4	34.0	53.6	61.2	52.5	33.2	33.2	33.2	33.2	55.4
10	28.3	35.9	48.7	56.5	52.2	38.4	35.9	35.9	35.9	64.3
11	30.2	38.3	42.7	49.2	49.3	42.9	38.3	38.3	38.3	70.6
12	31.4	39.7	39.7	39.7	43.5	45.0	43.5	39.7	39.7	73.3
13	32.2	40.3	40.3	40.3	40.3	44.9	51.3	51.2	44.7	72.6
14	33.5	41.1	41.1	41.1	41.1	43.6	57.4	61.7	53.9	69.5
15	34.0	41.6	40.8	40.8	40.8	40.8	60.1	68.8	61.2	63.0
16	33.7	43.9	39.3	39.3	39.3	39.3	58.7	71.3	65.1	53.8
17	33.3	45.1	37.4	37.4	37.4	37.4	53.4	67.7	64.3	43.3
18	31.6	40.7	33.6	33.6	33.6	33.6	41.9	52.3	51.8	31.8
19	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	26.1
20	28.4	28.4	28.4	28.4	28.4	28.4	28.4	28.4	28.4	24.5
21	27.0	27.0	27.0	27.0	27.0	27.0	27.0	27.0	27.0	23.1
22	26.7	26.7	26.7	26.7	26.7	26.7	26.7	26.7	26.7	22.8
23	24.5	24.5	24.5	24.5	24.5	24.5	24.5	24.5	24.5	20.6
24	23.7	23.7	23.7	23.7	23.7	23.7	23.7	23.7	23.7	19.8
Mean 27.1 32.0 34.8 36.2 34.2 31.1 34.2 36.2 35.7 38.4										

جدول (٥ - ٢) شدة الأشعاع الشمسي درجة حرارة الجو
الخارجي المحيط لخط عرض ٣٠ شمالاً (القاهرة)

بالعلاقة التالية:

$$T_{eo,t} = T_{ao,t} + \alpha R_{so} I_t - \Delta R \quad \dots \dots \dots (25)$$

حيث أن

I_t شدة الطاقة الشمسية الكلية الساقطة على السطح المعرض (وات / م^٢). انظر
الجدول رقم (٥-٣) لخط عرض ٣٠° و جدول رقم (٥-٤) لخط عرض ٢٤°.

R_{so} المقاومة الحرارية السطحية للجدار الخارجى (م^٢ س / وات).

α معامل الامتصاصية للحائط، انظر جدول رقم (٥-٥).

ΔR الفرق بين الأشعة طويلة الموجة وتساوى

= صفر فى حالة الحوائط، ٢,٩ فى حالة الاسقف الخارجية

$T_{ao,t}$ درجة حرارة الهواء الخارجى المظلل عند الزمن t ساعة.

ويمكن التعويض عن (αR_{so}) بالقيم ٠,٠٢٦ - للأسطح الفاتحة، ٠,٠٥٢ -

للأسطح القاتمة ويمكن كتابة معادلة التدفق الحرارى التى تعطى نفس كمية الحرارة
المتوقعة باستخدام درجة حرارة الهواء الشمسية أو درجة حرارة الجو المحيط كالاتى :

$$Q_t = A h_o (T_{eo,t} - T_{ai,t})$$

الجدول (٥-٣، ٥-٤) تعطى قيم لدرجات حرارة الهواء الخارجى المحيط والمظلل
وشدة الأشعة الشمسية على الاسطح الرأسية والأفقية لكل من خط عرض ٣٠°، ٢٤° أى
للغاهرة وأسوان.

٨-٥ متوسط درجة الحرارة الإشعاعية الداخلية Mean Radiant Temperature

ويمكن تعريفها على أنها متوسط درجة حرارة الأسطح الداخلية لحجرة والتي تعطى نفس التأثير للتبادل الحرارى الإشعاعى.

$$MRT (T_r) = \frac{\sum A_i T_i}{\sum A_i}$$

حيث أن

T_r أو MRT تسمى متوسط درجة الحرارة الإشعاعية للأسطح المحيطة ، س°

T_i درجة حرارة السطح رقم i ، س°.

A_i مساحة السطح رقم i ، م².

Lat=24.0 Day= 21.0 Month = 6 Dec=23.4 Alt=193.0 Slop= 90.0 Row= .2
SunRise=5.26 Color = .052

Time	Edn	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	HD	Hd	HOR
6	315.0	123.2	268.4	271.5	130.7	25.9	25.9	25.9	25.9	50.9	42.2	93.1
7	640.9	210.0	508.7	547.2	302.9	64.4	64.4	64.4	64.4	242.7	85.9	328.6
8	770.6	206.8	540.8	611.1	376.6	90.7	90.7	90.7	90.7	447.5	103.3	550.8
9	834.2	181.5	486.0	570.5	385.6	110.5	110.5	110.5	110.5	629.4	111.8	741.2
10	868.2	155.0	385.5	463.3	342.9	124.8	124.8	124.8	124.8	770.6	116.3	886.9
11	885.2	136.3	261.8	312.2	258.0	133.6	133.6	133.6	133.6	859.9	118.6	978.5
12	890.4	136.5	136.5	136.5	141.4	143.4	141.4	136.5	136.5	890.4	119.3	1009.7
13	885.2	136.3	133.6	133.6	133.6	133.6	258.0	312.2	261.8	859.9	118.6	978.5
14	868.2	155.0	124.8	124.8	124.8	124.8	342.9	463.3	385.5	770.6	116.3	886.9
15	834.2	181.5	110.5	110.5	110.5	110.5	385.6	570.5	486.0	629.4	111.8	741.2
16	770.6	206.8	90.7	90.7	90.7	90.7	376.6	611.1	540.8	447.5	103.3	550.8
17	640.9	210.0	64.4	64.4	64.4	64.4	302.9	547.2	508.7	242.7	85.9	328.6
18	315.0	123.2	25.9	25.9	25.9	25.9	130.7	271.5	268.4	50.9	42.2	93.1

Avg N= 106.0 Avg NE= 153.8 Avg E= 169.7 Avg SE= 122.0
Avg S= 121.9 Avg SW= 122.0 Avg W= 169.7 Avg NW= 153.8

Outdoor Environmental Temperature								ASWAN-JUNE		
Time	To	Tn	Tne	Te	Tse	Ts	Tsw	Tw	Tnw	HOR
1	27.7	27.7	27.7	27.7	27.7	27.7	27.7	27.7	27.7	23.8
2	27.6	27.6	27.6	27.6	27.6	27.6	27.6	27.6	27.6	23.7
3	26.7	26.7	26.7	26.7	26.7	26.7	26.7	26.7	26.7	22.8
4	25.6	25.6	25.6	25.6	25.6	25.6	25.6	25.6	25.6	21.7
5	24.5	24.5	24.5	24.5	24.5	24.5	24.5	24.5	24.5	20.6
6	26.6	34.1	43.0	43.2	34.6	28.2	28.2	28.2	28.2	25.3
7	28.8	41.6	59.9	62.3	47.3	32.7	32.7	32.7	32.7	37.5
8	31.1	43.8	64.2	68.5	54.1	36.6	36.6	36.6	36.6	50.5
9	32.3	43.4	62.0	67.2	55.9	39.1	39.1	39.1	39.1	61.1
10	32.4	41.9	56.0	60.7	53.4	40.0	40.0	40.0	40.0	68.6
11	37.2	45.5	53.2	56.3	53.0	45.4	45.4	45.4	45.4	78.0
12	37.9	46.3	46.3	46.3	46.6	46.7	46.6	46.3	46.3	80.3
13	38.9	47.2	47.1	47.1	47.1	47.1	54.7	58.0	54.9	79.7
14	40.1	49.6	47.7	47.7	47.7	47.7	61.1	68.4	63.7	76.3
15	40.8	51.9	47.6	47.6	47.6	47.6	64.4	75.7	70.5	69.6
16	40.5	53.2	46.0	46.0	46.0	46.0	63.5	77.9	73.6	59.9
17	40.2	53.0	44.1	44.1	44.1	44.1	58.7	73.7	71.3	48.9
18	39.9	47.4	41.5	41.5	41.5	41.5	47.9	56.5	56.3	38.6
19	37.4	37.4	37.4	37.4	37.4	37.4	37.4	37.4	37.4	33.5
20	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0	31.1
21	33.6	33.6	33.6	33.6	33.6	33.6	33.6	33.6	33.6	29.7
22	32.2	32.2	32.2	32.2	32.2	32.2	32.2	32.2	32.2	28.3
23	30.8	30.8	30.8	30.8	30.8	30.8	30.8	30.8	30.8	26.9
24	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	26.1
Mean	33.2	38.8	41.2	42.1	39.6	36.4	39.6	42.1	42.4	44.3

جدول (٥ - ٤) شدة الاشعاع الشمسى درجة حرارة الجو

الخارجى المحيط لخط عرض ٢٤° شمالاً (اسوان)

٩-٥ درجة حرارة الجو الداخلى المحيط

Indoor Environmental Temperature

وهى محصلة تأثير درجة الحرارة الإشعاعية ودرجة حرارة الهواء الداخلى ويمكن حسابها كالاتى :

$$T_{ei} = 0.667 T_r + 0.333 T_{ai} \quad (26)$$

١٠-٥ الاكتساب الحرارى للحوائط والأسقف المعرضة

Heat Gain For Walls & Roofs

للأسطح المعرضة للهواء الداخلى للمنشأ، يمكن حساب معدل التدفق الحرارى عند زمن (t) بالمعادلة التالية :

$$q_{wi} = U_w (TETD)_t \quad (27)$$

حيث أن : U_w الانتقالية الحرارية للجدار المصمت. وات / (م^٢·س)

$TETD$ درجة الحرارة المكافئة وهى دالة فى معامل التناقص الحرارى

والتخلف الزمنى للحائط

$$(TETD)_t = (T_{eo} - \bar{T}_{ai}) + \lambda (T_{eo,t-\phi} - \bar{T}_{eo}) \quad (28)$$

حيث أن :

\bar{T}_{eo} المتوسط اليومى لدرجة حرارة الجو الخارجى المحيط (س)

\bar{T}_{ai} درجة حرارة الهواء الداخلى (يمكن افتراضها = ٢٤ س درجة حرارة مريحة)

ϕ التخلف الزمنى للجدار أو للسقف، أنظر الشكل رقم (٥ - ٣).

λ معامل التناقص الحرارى للجدار يمكن حسابها من الجدول ، أنظر شكل رقم (٥-٤)

$T_{eo,t-\phi}$ درجة حرارة الجو الخارجى المحيط عند الزمن $t-\phi$.

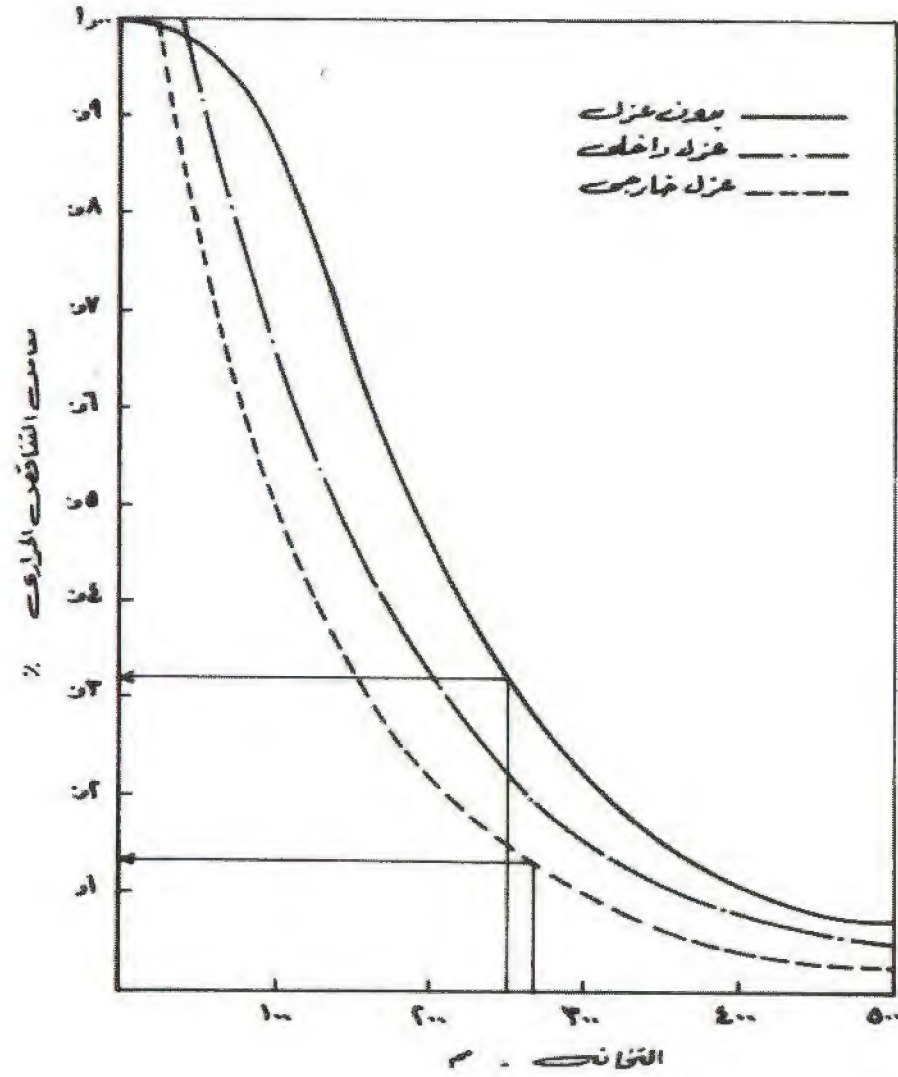
السطح	معامل الامتصاصية
أسود غير معدنى	٠.٨٥ - ٠.٩٨
طوب أو حجر بناء أصفر اللون	٠.٥٠ - ٠.٧٠
حجر بناء أو طوب أحمر اللون	٠.٦٥ - ٠.٨٠
طوب أو لياسة متوسطة اللون	٠.٣٠ - ٠.٥٠
ألومنيوم فاتح اللون أو برونزى	٠.٣٠ - ٠.٥٠
نحاس أو ألومنيوم أو فولاذ مجلفن معتم	٠.٤٠ - ٠.٦٥
نحاس لامع	٠.٣٠ - ٠.٥٠
ألومنيوم لامع	٠.١٠ - ٠.٤٠

جدول (٥-٥) معامل الامتصاص السطحي للأشعة الشمسية

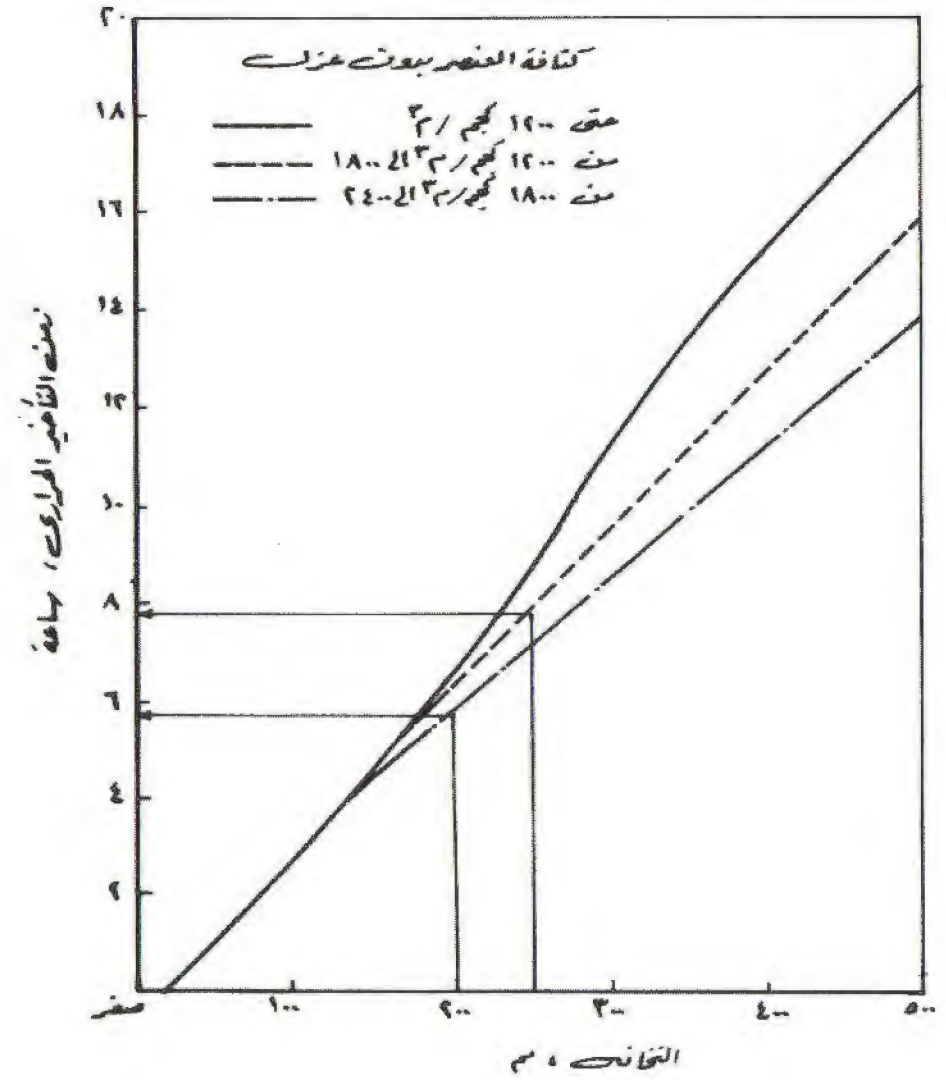
نوع الزجاج	تظليل داخلى			
	لا يوجد		ستائر معدنية أو قماشية شفافة مسدلة بالكامل	
	U	SC	U	SC
أحادى ٣ مم	٥.٩١	١.٠١	٤.٦	٠.٣٨
ثنائى (١٦ مم)	٣.٤٦	٠.٨٨	٣.١٢	٠.٣٦
ماص للحرارة	٢.٥٦	٠.٥٨	٢.٥٠	٠.٣٣
ثلاثى	٢.٥٠	٠.٨٠	٢.٢٧	٠.٣٦

جدول (٦-٥) معامل التظليل (SC) والمواصلة الحرارية (U)

للشبابيك السكنية



شكل (٤-٥) العلاقة بين معامل التناقص الحراري وسمك الحوائط أو الأسقف بالمنشآت بدون عزل وذات عزل داخلي وخارجي

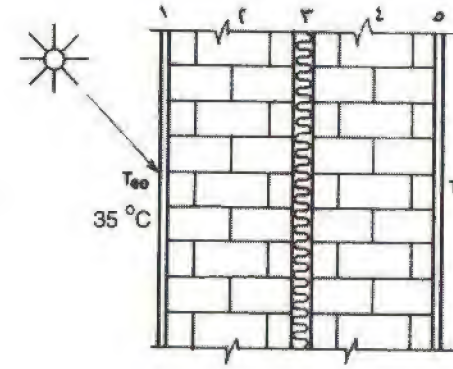


شكل (٢-٥) العلاقة بين زمن التأخير الحراري وتجانس الحوائط أو الأسقف لمنشآت ذات كثافات مختلفة وبدون عزل حراري

١١-٥ اختيار المادة العازلة :

عند اختيار المادة العازلة للحرارة يجب تحديد التبخانة المثلى التى يجب إضافتها لتقليل سريان الحرارة والتي تحقق القيمة المثلى للانتقالية الحرارية الكلية للحائط طبقاً للكودات المصرية لشروط وتنفيذ بنود أعمال العزل الحرارى الجارى إعدادها. وبعد تعيين التبخانة يمكن حساب التكلفة الاقتصادية لاستخدام وتركيب المادة العازلة - فيمكن استخدام مادة عازلة بتبخانة أكبر من مادة أخرى ولكن أرخص سعراً من الأولى.

مكونات الحائط المعزول :



- ١ - لياسة أسمنتية خارجية ٢ سم
- ٢ - طوب طفلى ١٢.٥ سم
- ٣ - مادة عازلة
- ٤ - طوب طفلى ١٢.٥ سم
- ٥ - لياسة أسمنتية داخلية ٢ سم

معادلة حساب التدفق الحرارى فى حالة الاتزان الحرارى كالآتى :

$$Q = U A (\Delta T) \quad (\text{وات})$$

وحيث أن U هو معامل انتقال الحرارة الكلى والقيمة المثلى للحصول على أحسن ظروف حرارة مريحة هى ٠.٥ وات / م^٢ . حيث أن

$$R_T = \frac{1}{U} \quad (\text{م}^2 \cdot \text{س} / \text{وات})$$

ويمكن حساب المقاومة الكلية لحائط بحساب المقاومات لكل عنصر على حدة وجمعها جبرياً كالآتى :

$$R_t = + R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 + R_i$$

$$R_t = 0.055 + \frac{0.02}{1.00} + \frac{0.125}{0.600} + \frac{L_3}{K_3} + \frac{0.125}{0.600} + \frac{0.02}{1.00} + 0.123$$

$$= 0.055 + 0.02 + 0.208 + \frac{L_3}{K_3} + 0.208 + 0.02 + 0.123$$

$$= 0.6334 + \frac{L}{K} \quad (\text{م}^2 \cdot \text{س} / \text{وات})$$

وحيث أن $R_t = 2$ وهى مقلوب U فنجد أن :

$$\frac{L}{K} = 1.366$$

$$L = 1.366 * K \quad (\text{متر})$$

فنجد أن البوليستيرين المشكل : $1.366 \times 0.031 = 0.042 = ٤.٢$ سم

سيلتون (٤٠٠) : $1.366 \times 0.090 = 0.123 = ١٢.٣$ سم

فيرموكلت : $1.366 \times 0.045 = 0.061 = ٦.١$ سم

أى أن ٤.٢ سم من البوليستيرين تكافىء ١٢.٣ من السيلتون، ٦.٠ سم من الفيرموكلت. والتي تعطى نفس الشروط الحرارية الداخلية.

١٢-٥ التنبؤ بالمتوسط اليومي لدرجات حرارة الجو الداخلى المحيط

Mean Internal Environmental Temperature; (Tei)

يمكن تعيين المتوسط اليومي لدرجة حرارة الجو الداخلى المحيط بمعلومية المتوسط اليومي لدرجة حرارة الجو الخارجى المحيط ودرجة حرارة الهواء الخارجى المظلل ومساحة النوافذ للواجهة ومساحة الأجزاء المصمتة من الواجهة المعرضة وبمعلومية

الانتقالية الحرارية الكلية للنوافذ والأجزاء المصمتة والتهوية الطبيعية من العلاقة التالية :

$$\bar{T}_{ei} = \frac{\bar{Q}_t + (\sum A_g U_g + C_v) \bar{T}_{ao} + \sum A_w U_w \bar{T}_{eo}}{(\sum A_g U_g + C_v) + \sum A_w U_w}$$

حيث أن

$$\bar{Q}_t = \bar{Q}_s + \bar{Q}_c + \dots \dots \dots \quad \bar{Q}_t \text{ الاكتساب الحرارى الكلى}$$

$$\bar{Q}_s \text{ الاكتساب الحرارى من النوافذ}$$

$$\bar{Q}_s = A_g (SC) (SHGF) \dots \dots \dots (30)$$

\bar{Q}_c الاكتساب الحرارى العارض للمبنى ويتضمن عدد الأفراد والإضاءة الصناعية وفترة استعمالها وتشغيل أجهزة التكييف وفترات الاستعمال وخلافه ويمكن تقديرها من العلاقة التالية :

$$\bar{Q}_c = \frac{(q_{CL} * t_1) + (q_{cp} * t_2) + \dots \dots \dots}{24} \dots \dots \dots (31)$$

حيث أن

$$q_{CL} \text{ الاكتساب اللحظى العارض من الإضاءة الصناعية، (وات)}$$

$$q_{cp} \text{ الاكتساب اللحظى العارض من الأفراد، (وات)}$$

t_1, t_2 الفترة الزمنية لأشغال المبنى والفترة الزمنية لاستعمال الإضاءة الصناعية، (ساعة)

مثال تطبيقي : احسب المتوسط اليومي لدرجة حرارة الجو الداخلى المحيط بحجرة مكتب بالطابق الثالث فى مبنى متعدد الطوابق ذات الواجهة الجنوبية خلال فصل الصيف (شهر يونيو) بالقاهرة. علماً بأن مساحة الحجرة 4×5 م وارتفاع السقف ٣ م

ومساحة النافذة 2×3 م. الحجرة بدون إضاءة صناعية ولا يشغلها أحد. علماً بأن سرعة الرياح بالموقع حوالى ٣ م / ث.

الحل :

$$n = 0.49 + 0.09 * 3 = 0.49 + 0.27 = 0.76 \text{ h}^{-1}$$

$$C_v = \frac{1}{3} nV = \frac{1}{3} * 0.76 * (4*5*3) = 15.2 \text{ W / } ^\circ\text{C}$$

$$A_g = 2 * 3.5 = 7 \text{ m}^2, U_g = 5.91, SC = 1.01$$

$$A_w = 12 - 7 = 5 \text{ m}^2, U_w = 2.5 \text{ W / m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$$

$$(SHGF)_s = 154.4, T_{ao} = 27.1, T_{es} = 31.1$$

$$\bar{Q}_t = \bar{Q}_c + \bar{Q}_s = 0 + 7 (1.01) (154.4) = 1091.6 \text{ W}$$

$$\bar{T}_{ei} = \frac{109.6 + (7 * 5.91 + 15.2) * 27.1 + (5 * 2.5) 31.1}{(7 * 5.91 + 15.2) + (5 * 2.5)} = \frac{3013.4}{69.07}$$

$$\bar{T}_{ei} = 43.6 ^\circ\text{C}$$

١٣-٥ المواد العازلة للحرارة

يعتبر تزويد المباني بالمواد العازلة للحرارة أمراً ضرورياً وحيوياً لتوفير وترشيد الطاقة المستهلكة فى عمليات التبريد صيفاً والتدفئة شتاءً ويهدف من استخدام المواد العازلة للحرارة فى تقليل انتقال الحرارة خلال العناصر الإنشائية الخارجية للمباني وتهئية مناخ داخلى مريح وصحى مما يؤثر بصورة مباشرة على كفاءة العمل والإنتاج بالإضافة إلى أنها ذات مردود اقتصادى كبير ويمكن التفرقة بين العوازل الحرارية بأنها ذات كثافة ظاهرية منخفضة وموصلية حرارية متدنية (أقل من ١ وات / م.س) ويرجع سبب قلة الوزن إلى احتوائها على مساحات أو فراغات مملوءة بالهواء أو الغاز والذى

المراجع

- 1 - ASHRAE, "handbook of fundamentals" American Society of Heating, Refrogetating and Air-Conditioning Engineers, Atlanta. 1997.
- 2 - E.H. Mathews and P.G. Richard "A tool for Predicting Hourly Air Temperature and Sensible Energy Loads in Buildings at Sketch Design Stage", Engry and Buildings, Vol. 14, PP. 61-80, (1989).
- 3 - G.B. Hanna, Thermal Response of the External Walls Towards an Energy Conservation, ASRE. 86, vol. 1, pp. 93-103, March 23-28, (1986), Cairo, Egypt.
- 4 - G.B. Hanna etal, "Thermal and Acoustical Requirements of Teaching Spaces of School Buildings in Egypt "Building Research Center & UNESCO, (1977).
- 5 - H.Y. Wong, "HeatTransfer for Engineersm", "Longman, London, (1997).
- 6 - IHVE Guide, Book A, (1970).
- 7 - J.R Simon "Engineering Heat Transfer", Macmillan Press LTD, London, (1975).
- 8- M. Saad and G.B. Hanna "A Techinque for Measuring the Thermal Transmittance and Thermal Performance of Composite Walls" 1st World Renewable Engery Congress, Reading, UK, 23-28 Sept, (1990), Vol 3, pp. 1358-1362.

يشكل نسبة حوالى ٧٥٪ أو أكثر من حجم المادة ويمكن تصنيف المواد العازلة إما طبقاً لتركيب الفراغات أو حسب منشأ المواد العازلة أو شكلها النهائى أو تركيبها الكيميائى.

تصنيف المواد العازلة للحرارة:

هناك أربع مجموعات من المواد العازلة تختلف فى طبيعة تركيب الفراغات بها وهى:

أ- مواد ذات تركيب ليفى

وهى المواد المكونة من ألياف شعرية يتخللها الهواء ويمكن أن تكون مواد معدنية (حجرية) كالألياف الزجاجية والصوف الصخرى والتى يجرى تصنيفها بتحويل المادة عن طريق الصهر أو العزل إلى ألياف دقيقة.

ب- مواد ذات تركيب خلوى

وهى مواد يمكن تقسيمها إلى مواد عازلة عضوية وأخرى غير عضوية ويمتاز تركيبها بصغر حجم الفراغات وموزعة بشكل متجانس ومن أمثالها الزجاج الرغوى والخرسانة الخفيفة الرغوية والخلوية إما المواد العضوية فيمثلها البوليسترين بنوعيه. هناك مواد ذات خلايا مفتوحة ومواد ذات خلايا مغلقة. وتعتبر غالبية اللدائن الرغوية ذات خلايا مغلقة.

ج- مواد ذات تركيب مسامى

تتكون هذه المواد من مواد ذات مسافات شعرية مثل الخشب والقش أو كبعض الحجارة البركانية.

د- مواد ذات تركيب رقائقى أو قشور:

تتكون من جزيئات صغيرة على شكل قشور متراكمة أو رقائقى يتخللها الهواء ذات وزن خفيف. ومن أهم هذه المواد الفيرموكلت والمايكا الممدة.

٦ التصميم الصوتي للمباني

9 - M.S. Sodha et al, "Solar Passive Buildings", Science & Design, Pergamon Press, Vol. 2, (1986).

10- BS 5925, Code of Practice, "Design of Buildings: Ventilation Principles and Designing for Natural Vntilation, (1980).

١١ - دليل مواد العزل الحرارى للمباني بمصر

إعداد : د. د. جورج باسيلي حنا، مركز بحوث البناء وأكاديمية البحث العلمى والتكنولوجيا، (١٩٩١).

التصميم الصوتي للمباني

المتطلبات اللازمة لأداء صوتي جيد	١-٦
تصميم شكل الصالة	٢-٦
السقف	٣-٦
الحوائط الجانبية	٤-٦
الحائط الخلفي	٥-٦
البلكون	٦-٦
حجم الصالة بالنسبة لعدد الكراسي	٧-٦
زمن الترجيع الصوتي	٨-٦
التحكم في الضوضاء	٩-٦

٦- التصميم الصوتى للمباني

يبدأ التصميم للصوتيات في مبنى باختيار موقع البناء. والخطوات التى يجب اتباعها هى:-

- ١- اختيار موقع هادئ
- ٢- عمل مسح ميدانى للضوضاء حتى يمكن حساب كميات المواد العازلة للضوضاء والمناصة للصوت للوصول إلى الحد المطلوب للهدوء.
- ٣- مراعاة ترتيب عناصر المبنى من الداخل حتى تيسر الهدوء.
- ٤- اختيار الإنشاء المناسب للعزل الصوتى.
- ٥- دراسة كيفية التحكم فى الضوضاء داخل المبنى سواءً الضوضاء الناتجة من الخارج ويحملها الهواء إلى الداخل أو الضوضاء الموجودة بالمبنى أو الناشئة من هيكل الإنشاء نفسه (مثل الضوضاء الناشئة من المصاعد. السلالم - قفل الأبواب - المشي على الأرضيات.. الخ).
- ٦- تصميم شكل الحجرات بحيث تسهل انتشار الصوت فى كل أجزاء الحجرة بوضوح وبدون مشاكل صوتية.
- ٧- اختيار وتوزيع المواد العازلة للصوت وكذلك المواد العاكسة للصوت وطرق الإنشاء المناسبة والكافية لتوزيع صوتى جيد.
- ٨- الإشراف على تركيب المواد التى يتوقف حسن أدائها على طريقة تركيبها.
- ٩- إعداد تعليمات خاصة بكيفية الصيانة تبين :
 - أ- كيفية تنظيف المواد الخاصة بالصوتيات وكيفية إعادتها إلى شكلها الأصلى.

ب- وصف الأثاث الذى يجب أن يوضع فى المكان حتى لا تتأثر صوتيات الحجرة الأصلية.

ج- تحديد كمية الرطوبة التى يجب ألا تتعدها فى المكان لضمان نوعية صوتيات المكان.

١-٦ المتطلبات اللازمة لأداء صوتى جيد

عند تصميم الأماكن المعدة للاستماع الصوتى وخاصة الموسيقى يكون العامل الأهم هو تقوية الصوت ونوعية المزج الصوتى التى يجب أن تكون فى هرمونية مع فراغ المكان لأن المكان نفسه يعمل بالمشاركة مع باقى الآلات الموسيقية حيث إن الآلات الموسيقية تعمل علىذبذبة الحوائط والأسقف وهذه الأخيرة تؤثر على صوتيات المكان.

ولذلك يجب عند تصميم الأماكن المعدة للاستماع مراعاة الآتى :

أ- العمل على تخفيض الضوضاء سواءً الخارجية أو الداخلية إلى الحد الذى لا يؤثر على قدرة السمع الجيد إلى الحديث أو الموسيقى.

ب- يجب العمل على تقوية الصوت وخاصة بالنسبة للجالسين فى المقاعد الخلفية البعيدة عن مصدر الصوت.

ج- يجب أن يكون هناك تناسب بين المسافات التى يقطعها الصوت للوصول إلى أذن المستمع سواءً من مسافة الصوت المباشر أو المسافات التى يقطعها الصوت المنعكس من الحوائط المختلفة وذلك باتباع تناسب مقاسات الحجرة بحيث لا تزيد نسبة طول الحجرة إلى عرضها عن ٢ : ١ ويكون الارتفاع فى حدود ثلث العرض فى الصالات الكبيرة وثلثي العرض فى الصالات الصغيرة.

د- عند تصميم الحوائط الجانبية بالنسبة لاتجاه الحجرة ومصدر الصوت، يراعى أن تعكس هذه الحوائط الصوت من المصدر إلى الجالسين بالمقاعد الخلفية سواءً بالصالة أو بالبلكون.

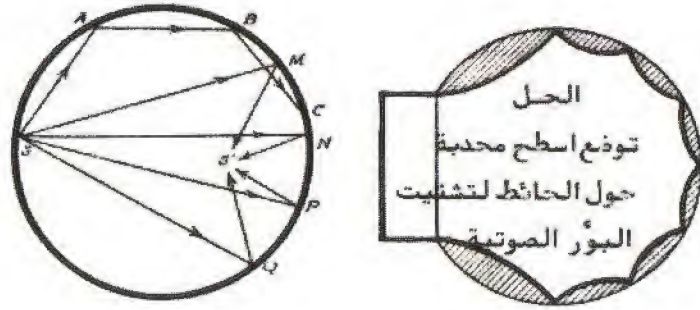
هـ- زمن الترجيع الصوتى هو العامل الحاسم فى تحديد كفاءة المكان للصوت وهو ما سيأتى شرحه فيما بعد. يجب أن يكون من ٠.٥ ثانيه حتى واحد ثانية للصالات المعدة للمحاضرات ومن واحد ثانية حتى ١.٧ ثانية للموسيقى والسينما وتزيد هذه المدة فى حالة صالات الأوبرا وقد تصل إلى ٢.٢ ثانية.

و- يجب أن يكون الأداء الصوتى متساوي فى جميع أركان الحجرة وهذا يمكن أن يتحقق بالتصميم السليم للأسطح العاكسة للصوت (الحوائط- الأرضيات- والأسقف) وفى حالة تعذر تحقيق ذلك خاصة فى الصالات الكبيرة يجب الاستعانة بمكبرات الصوت الالكترونية. ويستطيع المستمع العادى أن يستمتع بحديث درجته الصوتية ٦٥ ديسيبل حتى لو كان مستوى الضوضاء ٤٠ ديسيبل. أما إذا زادت الضوضاء عن هذا الحد فيجب أن ترفع درجة الصوت بالمقابل (لاحظ أن أذن الإنسان تستطيع سماع درجة صوت حتى ١٢٠ ديسيبل أما إذا زادت درجة الصوت عن هذا الحد يشعر الإنسان بألم شديد بالأذن وأى زيادة عن هذا الحد تؤدي إلى فقدان طيلة الأذن).

ولعرفة ما إذا كان المكان ملائم للاستماع الصوتى من عدمه، تجرى تجربة بسيطة وهى أن يتم توزيع أشخاص فى أماكن مختلفة بالمكان ويقف المتكلم على خشبة المسرح وينطق بكلمة فإذا سمع منها الحاضرون والموزعون فى الأماكن المختلفة ٨٥٠ كلمة فإن كفاءة المكان تعتبر جيدة بمقدار ٨٥٪ وهذه هى أقل قيمة مطلوبة للأماكن المعدة للاستماع الصوتى وإلا سوف يشعر الجالسون بالإرهاق والضيق الشديد.

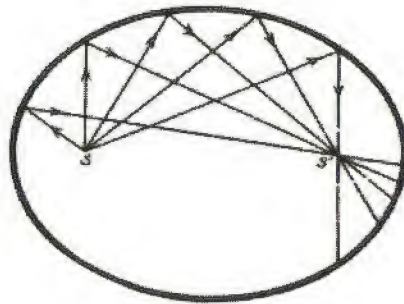
إن مستوى الضوضاء داخل المكان مع وجود أشخاص هو فى الحقيقة قيمة متغيرة تعتمد على مقاس المكان وعمر الحاضرين ولكن هى فى المتوسط فى حدود ٤٠ ديسيبل ولذلك يجب ألا تزيد الضوضاء داخل أى مكان للاستماع الصوتى عن ٣٥ ديسيبل وهى خالية من الجمهور.

فى مشكلتين : المشكله الأولى عبارة عن تكون بؤرة صوتية داخل الصالة والمشكله الثانية هى دوران الصوت حول حوائط الصالة المستديرة كما فى شكل (١-٦).



شكل (١-٦) الشكل الدائرى يتسبب فى تكون بؤر صوتية داخل الصالة ودوران الصوت حول الحائط

أما الشكل البيضاوى فيكون بؤرة صوتية داخل الصالة أيضا كما فى شكل (٢-٦).



شكل (٢-٦) الشكل البيضاوى يكون بؤرة صوتية داخل الصالة

إن الصوت داخل الفراغات أقوى من الصوت فى الهواء الطلق لأن الصوت داخل الفراغات يتأثر بحوائط الغرفة لأن الحوائط تعكس الصوت وترجعه مرة أخرى للمستمع ولذلك فإن تشكيل المكان يلعب دوراً كبيراً فى الأداء الصوتى. ويجب أن تساعد الانعكاسات من الحوائط الفرق الموسيقية على سماع بعضها البعض حتى يتحدوا فى الأداء الموسيقى أو التمثيل - نأخذ مثلاً لاعب على العود يجلس على بعد ١٠ أمتار من زميله الذى يلعب على الناي فكيف يكون الأداء إذا لم تكن هناك عواكس للصوت تجعله يسمع زميله على هذا البعد بالإضافة إلى ذلك فإن ضارب العود قد يكون جالساً بجوار من يلعب على القانون والذى يكون مستوى الصوت الناتج منه أعلا عشر مرات مما يسمعه من زميله اللاعب على الناي. إذا يجب أن يكون هناك تصميم جيد واجب الاتباع فى المكان لإمكان التوافق بين كل أفراد الفرقة الموسيقية. ولن يتم ذلك إلا إذا كان التصميم يوفر توزيعاً جيداً للصوت.

أضف إلى ذلك أن خواص الصوت فى صالة معدة للحديث خلاف خواص الصوت فى صالة معدة للموسيقى لأن زمن الترجيع فى كل منهما يختلف عن الآخر وعليه لى يكون التصميم ملائماً لكل ذلك يجب اتباع الإرشادات التالية:-

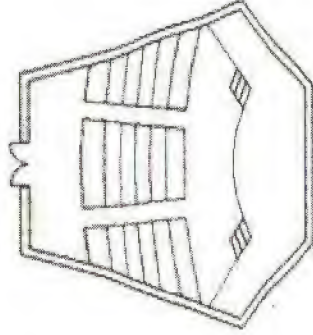
٢-٦ تصميم شكل الصالة :

١-٢-٦ المسقط الأفقى: يجب أن يصمم المسقط الأفقى بحيث يتيح لأكبر عدد من الجمهور الجلوس فى الصفوف الأمامية وبالرغم من ذلك لا يجب أن يكون شكل الصالة مربعاً بل النسبة المناسبة هى أن تكون نسبة العرض إلى الطول لا تقل عن ٢:١. لأن من طبيعة الصوت أن ينتشر من المصدر إلى الأمام أكثر من الجانبين بالإضافة إلى أن زاوية الرؤية تكون أكثر راحة. حيث إن الرؤية من الزوايا القريبة من محور الصالة أفضل كثيراً من الزوايا البعيدة عن المحور وقد ثبت أن النسبة المثالية بين عرض الصالة وطولها ١ : ٢ : ١.

ويجب الابتعاد عن الأشكال الدائرية والشكل البيضاوى لأن الشكل الدائرى يتسبب

وينتج عن وجود بؤر صوتية في الصالة عدم وجود توزيع متجانس للصوت وسماع مصادر صوتية خلاف الصوت الأصلي موزعة داخل الصالة.

ولإمكان تفادي عيوب المسقط الأفقي مع جعل أكبر عدد من الكراسي في الصفوف الأمامية يمكن جعل الصالة على شكل شبه منحرف قاعدته ناحية المسرح كما بالشكل (٥-٦).

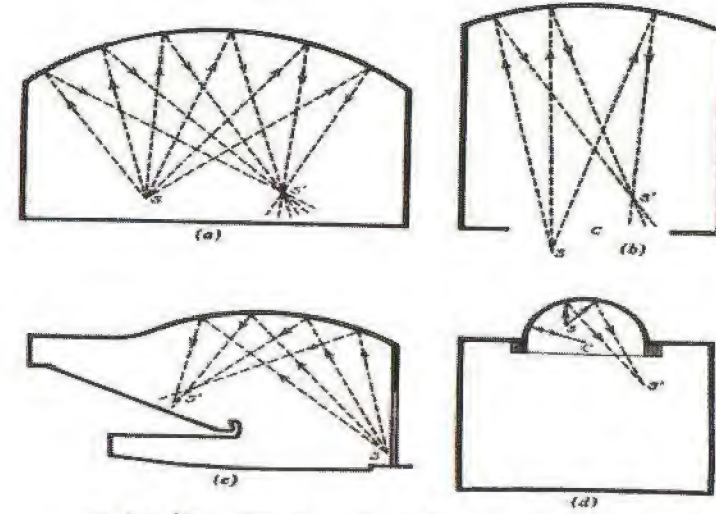


شكل (٥-٦) زيادة الكراسي في الصفوف الأمامية

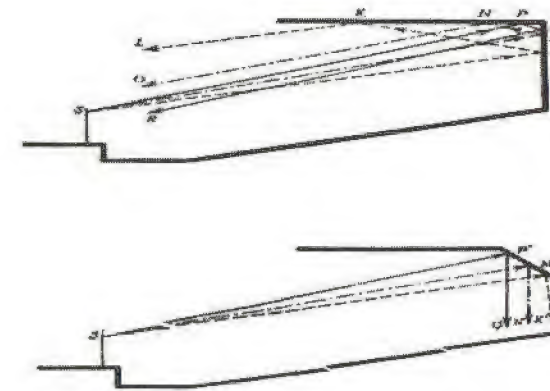
ومن المهم في تصميم المسقط الأفقي ألا يزيد الفرق بين المسافة التي يقطعها الصوت المنعكس والمسافة بين الصوت المباشر عن ٢٣ متراً سواء كان الصوت منعكساً من السقف أو من الحوائط الجانبية بالنسبة للجالس في الصالة، لأن الصوت المباشر سيصل إلى المستمع قبل وصول الصوت المنعكس بدرجة ملحوظة لأن سرعة الصوت في الهواء هي ٣٣٣ متراً في الثانية وقد اتفق على ألا يزيد الفرق الزمني بين وصول الصوت المباشر والصوت المنعكس عن ٧٠ مللي ثانية

ويمكن حساب هذا الزمن من القانون التالي:

$$\text{زمن التأخير الصوتي} = \frac{\text{فرق المسافة بين الصوت المنعكس والصوت المباشر} \times 1000}{\text{سرعة الصوت}}$$



شكل (٢-٦) يبين عيوب تكون بؤر صوتية نتيجة استخدام القباب والقبوات في تغطية الصالات



شكل (٤-٦) يبين إمالة الثلث العلوي من الحائط الخلفي ليعكس الصوت إلى الصفوف الخلفية بدلاً من إرجاعه إلى المصدر

مثال:

إذا كان طول مسار الصوت المنعكس هو ٤٠ متراً وطول مسار الصوت المباشر هو ١٠ أمتار أوجد زمن التأخير الصوتي.

الحل:

$$\text{زمن التأخير الصوتي} = \frac{100 \times (10 - 40)}{333} = 90 \text{ مللي ثانية}$$

وحيث إن هذا الناتج أكبر من ٧٠ مللي ثانية فإنه يجب أن يعاد تصميم المكان حتى يصل هذا الزمن إلى أقل من ٧٠ مللي ثانية. ويجب حساب زمن التأخير الصوتي من الحوائط الجانبية وليس من السقف فقط، لذلك فإن اتباع النسب المذكورة سابقاً عن مقاسات الصالة يؤدي إلى سهولة تصميم الصالة وبلا حظ أن تؤخذ نقط مختلفة في الصالة وحساب زمن التأخير الصوتي بها وليس فقط في وسط الصالة.

٢-٢-٦ وضع الكراسي بالصالة

إن وضع صفوف المقاعد بالصالة على مستوى مائل إلى أعلا يتيح للناس مشاهدة أفضل وكذلك السمع الجيد لأن الصوت المنتشر يصل إلى الأذن مباشرة بدون أن يحجبه الجالس في المقاعد الأمامية وأيضاً وجود الناس لتواجه الصوت تجعل منهم مواد ماصة للصوت. ويكون من المناسب أن يميل مستوى الأرضية بزاوية مقدارها ٧ درجات لصالات الاحتفالات وهـ ١٥ درجة لمدرجات المحاضرات بالمدارس والمعاهد والجامعات ويمكن زيادة الميل عن هذا الحد بوضع درج إذا كان ذلك لا يشكل تكلفة عالية.

٢-٢-٦ السقف

يجب أن يصمم السقف بحيث يعكس الصوت إلى الصفوف الخلفية البعيدة عن خشبة المسرح. ولاتوجد قاعدة لتحديد شكل السقف الذي يعكس الصوت ولكن باستخدام قانون زاوية السقوط تساوى زاوية الانعكاس يمكن عمل تشكيلات جيدة

للسقف. وعموماً فإن التكسيرات الكثيرة في السقف تساعد على مزج الصوت بدلاً من تجميعه في مكان واحد في نهاية الصالة.

بالنسبة لارتفاع الصالة يراعى ألا تسبب تأخير زمني للصوت المنعكس للجالسين بالصفوف الخلفية لذلك فإنه في الصالات الصغيرة فإن ارتفاع السقف يكون ٢/٣ العرض ويكون الارتفاع ١/٣ في حالة الصالات الكبيرة.

يجب الابتعاد عن عمل أسطح مقعرة بالسقف مثل القباب والقبوات وما يماثلها لأن ذلك يتسبب في تكوين بؤرة صوتية في الصالة مما يخل بالتوزيع المتجانس للصوت.

وفي حالة اللجوء إلى عمل قباب وأقبية لأسباب كلاسيكية أو لإحياءات معينة يمكن عمل ذلك بشرط أن يكون نصف قطر التقعر إما ضعف ارتفاع السقف أو أقل من نصف الارتفاع حتى تكون البؤرة الصوتية إما أعلا رؤوس الجمهور أو تحت الأرض ولذا يجب أن يكون نصف قطر التقعر يساوى ارتفاع السقف حتى لا تتكون البؤرة على أذن الجمهور وهذا يسبب مشاكل صوتية وتوزيع صوتي سيئ شكل (٦-٤). ولكي يمكن تجنب الموجات الصوتية الساكنة Flutter Echo لا يجب أن يكون السقف ناعماً وموازيلاً للأرضية لأنه إذا كانت الأرضية ناعمة أيضاً فإن الموجات الساكنة ستظل تتردد بين السطحين لمدد طويلة تعاكس الصوت الأصلي.

٤-٦ الحوائط الجانبية:

يجب أن تكون وظيفة الحوائط الجانبية هي تقوية الصوت في نهاية الصالة عند الصفوف الخلفية في حالة الصالات الكبيرة وخاصة إذا كان لا يستخدم فيها مكبرات صوت.

ولأن الحوائط الجانبية تتبع شكل المسقط الأفقي فيجب أن يجرى تشكيلها بحيث تعكس الصوت من المصدر إلى الصفوف الخلفية مستخدماً فيها قانون الانعكاس أي زاوية السقوط تساوى زاوية الانعكاس. ويجب عند تصميم الحوائط ألا تسبب تأخير

زمنى للصوت وألا تسبب تجميع للانعكاسات عند نقطة فى نهاية الصالة، وألا تسبب فى وجود بؤرة صوتية. فإذا ما ثبت أن بعض هذه الحوائط سوف تتسبب فى مثل هذه العيوب فيجب فى هذه الحالة أن تكون الحوائط غير ناعمة أو عاكسة للصوت ويمكن بدلاً من ذلك جعلها تشتت الصوت الساقط عليها بواسطة عمل تكسيرات وإنحناءات بأشكال هندسية مختلفة بالحائط المطلوب تصميمية.

٥-٦ الحائط الخلفى

يسبب تشكيل الكراسى بالصالة على شكل أقواس يلجأ المهندس إلى عمل الحائط الخلفى على شكل قوس حتى يتمشى مع وضع صفوف الكراسى وهذا يسبب مشاكل صوتية عند خشبة المسرح إذ يتجمع الصوت هناك علاوة على تأخر زمنى للصوت بطريقة ملحوظة للجالسين فى المقاعد الأمامية ولذلك يجب عمل الحوائط الخلفية للصالات مستقيمة وليست مقعرة ثم تغطية هذه الحوائط بمواد عالية الإمتصاص الصوتى بالنسبة لثلثى ارتفاع هذه الحوائط. أما الثلث العلوى فيجب أن يعكس الصوت إلى الصفوف الخلفية حيث يكون الاحتياج لتقوية الصوت عند هذه الأماكن. ويبين شكل (٥-٦)، كيفية الانتفاع من الحائط الخلفى وذلك بإمالة الثلث العلوى إلى داخل الصالة بحيث يعكس الصوت إلى الصفوف الخلفية كما هو مبين بالرسم.

وإذا وجد بلكون بالصالة تطبق هذه الوسيلة على الحائط الخلفى للبلكون.

٦-٦ البلكون

إن التصميم الجيد للبلكون فى صالة سينما أو موسيقى يبرز هذا البلكون داخل الصالة بحيث لا يزد هذا البروز عن ضعف ارتفاع حرف البلكون عن أرضية الصالة، وإذا زاد العمق عن هذا المقدار لأى سبب يعتبر الجزء العميق أسفل البلكون كأنه صالة أخرى ملحقة وتعامل كأنها صالة جديدة وتصمم كما لو كانت مستقلة، هذا لأنه فى حالة العمق الكبير فإن زمن الترجيع الصوتى لن يتساوى مع زمن الترجيع الصوتى بالصالة

وبالتالى فإن سلوك الصوت فى هذا الفراغ يكون مختلفاً عن ما يجرى فى الصالة الرئيسية (وسيتم شرح زمن الترجيع فيما بعد). أما كويسته البلكون فيجب إمالتها قليلاً إلى الأمام نحو صفوف الكراسى الموجودة بالصالة لتعكس الصوت إلى أسفل بدلاً من إرجاع الصوت إلى المصدر عند خشبة المسرح وتسبب فى تأخير زمنى للصوت المنعكس إلى المسرح.

٦-٧ حجم الصالة بالنسبة لعدد الكراسى

إن الحجم الأمثل للصالة بالنسبة لعدد الكراسى يحدد حسب الرؤية الجيدة والشكل الجمالى للصالة وكذلك مراعاة راحة المستمع، وبالرغم من أن المرغوب فيه هو عمل أقل حجم للصالة بالنسبة إلى عدد المقاعد إلا أنه لا يجب أن يكون ذلك على حساب تراحم الجمهور. فإذا كانت الصالة مصممة لتسع ١٠٠٠ مشاهد فإن الحجم يحتسب بحيث يشمل ٣٠٥ م^٢ لكل كرسى. وإذا كان العدد ٢٠٠٠ يكون الحجم ٣٥٧ م^٢ للكرسى. وفى حالة صالات الموسيقى التى تستوعب ١٥٠٠ كرسى يكون الحجم ٤٥٣ م^٢ لكل كرسى هو المطلوب.

ومن المستحسن عدم زيادة الحجم عن هذه الحدود لأن ذلك سوف ينعكس على التكلفة بالنسبة للإنشاء والصيانة والإضاءة وإعادة ديكورات الصالة وتكييف الهواء وأيضاً تنظيفها بينما المطلوب هو خفض التكلفة وكذلك ترشيد الطاقة والاقتصاد. بالإضافة إلى هذه المميزات فإن عدم زيادة حجم الصالة عن الحد المطلوب سوف يوفر فى كميات المواد الماصة للصوت المطلوبة للتحكم فى زمن الترجيع الصوتى وهو العامل الهام فى صلاحية الصالة للغرض سواء بالنسبة للحديث أو للموسيقى كما سيأتى الكلام عنه عند حساب زمن الترجيع الصوتى. أضف إلى ذلك أنه كلما صغر حجم الصالة كلما كان ذلك أفضل للصوت إذ أن الصوت يضعف كلما ازداد حجم الفراغ.

٨-٦ زمن الترجيع الصوتي

كل صوت ينشأ في مكان يستمر فيه زمناً معيناً حتى يتلاشى عن السمع وبانخفاض متدرج. وهذه الخاصية تعطي للصوت حياة في المكان بعكس الصوت في الهواء الطلق الذي ينتشر في الفضاء. والمهم في زمن الترجيع الصوتي أن يكون في حدود فترة زمنية محددة. لأن زمن الترجيع إذا استمر أكثر من المقدر له يتداخل مع تسلسل الأصوات المتتابعة ويجعل الصوت غير مفهوم. ولذلك فلا يجب أن يزيد زمن الترجيع الصوتي في الأماكن المعدة للحديث عن واحد ثانية وفي حالة الموسيقى يكون من واحد ثانية إلى ١.٧ ثانية وتزداد هذه المدة حتى ٢.٣ ثانية في دور الأوبرا. والعوامل المؤثرة على زمن الترجيع هي حجم الصالة، وكمية المواد الماصة للصوت وكذلك المواد العاكسة للصوت. فإذا ماتم التحكم في كل هذه المتغيرات أمكن الوصول إلى الزمن المقترح. فمثلاً كلما زاد حجم الصالة كلما زاد زمن الترجيع الصوتي وكلما زادت كمية المواد الماصة للصوت كلما قل زمن الترجيع الصوتي. علماً بأن المواد الماصة للصوت تختلف في نسبة امتصاصها باختلاف ذبذبة الصوت، فهناك مواد ماصة للصوت تمتص الذبذبات العالية أكثر من المنخفضة وأخرى تمتص الذبذبات المنخفضة أكثر من العالية وهكذا. ولذلك فإن توصيف المواد الماصة للصوت لابد أن تذكر نسبة امتصاص المادة لكل من الذبذبات المنخفضة والمتوسطة والعالية. والمتبع معمارياً أن يحسب زمن الترجيع بالنسبة للذبذبة المتوسطة ومقدارها ٥١٢ ذبذبة/ثانية.

وتحدد المصانع التي تنتج المواد الماصة للصوت طريقة تركيبها على الحوائط أو الأسقف المعلقة حتى يمكن حساب زمن الترجيع الصوتي بكفاءة حسب المواصفات. ويمكن حساب زمن الترجيع الصوتي بالقانون التالي :

$$\text{زمن الترجيع الصوتي} = \frac{0.161 \times \text{حجم الصالة}}{\text{المساحة الكلية للصالة} \times \text{متوسط معامل الامتصاص الصوتي}}$$

والمساحة الكلية للصالة تشمل جميع مسطحات الصالة من سقف وحوائط وأرضية.

ومتوسط معامل الامتصاص الصوتي للمواد المختلفة بحسب كالاتي:-

$$\text{متوسط معامل الامتصاص} = \frac{0.1 \text{ م} + 0.2 \text{ م} + 0.3 \text{ م} + 0.4 \text{ م} + 0.5 \text{ م} + 0.6 \text{ م} + 0.7 \text{ م} + 0.8 \text{ م} + 0.9 \text{ م} + 1.0 \text{ م}}{10}$$

حيث س_١ = مسطح المادة الماصة للصوت رقم ١

م_١ = نسبة امتصاص المادة رقم ١ وهكذا

مثال : صالة مقاسها ١٠ × ١٥ متراً وارتفاع السقف ٤ أمتار. احسب زمن الترجيع الصوتي إذا كان متوسط الامتصاص الصوتي للمادة المستخدمة ٠.٢٤. اذكر لأي غرض تصلح هذه الصالة.

الحل :

$$\text{زمن الترجيع الصوتي} = \frac{(4 \times 15 \times 10) \times 0.161}{0.24 \times [(15 \times 10) \times 2 + 4 \times (15 + 10) \times 2]} = 0.805 \text{ ثانية}$$

وحيث أن زمن الترجيع أقل من ثانية = ٠.٨٠٥ ثانية، إذاً هذه الصالة تصلح للحديث والمؤتمرات العلمية.

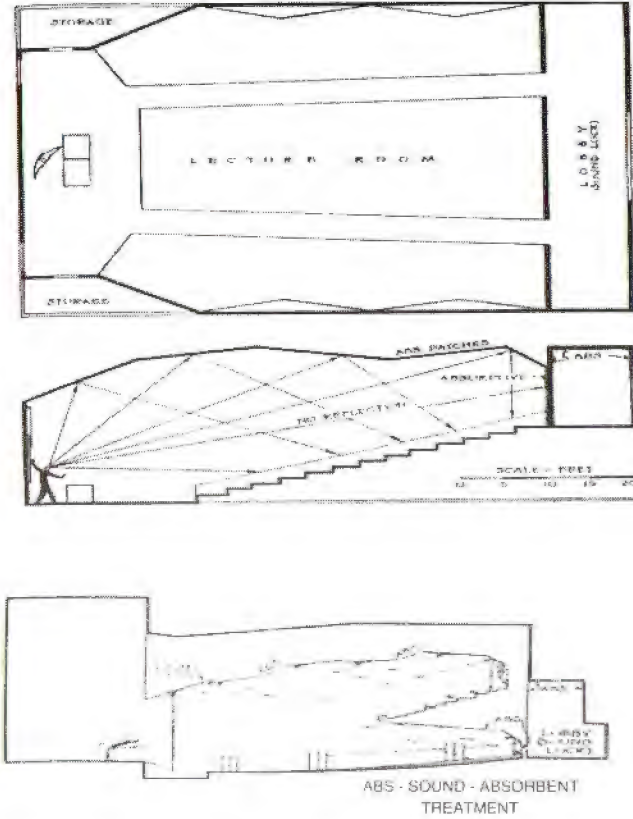
٩-٦ التحكم في الضوضاء

إن أصعب تجربة يواجهها إنسان أن يفقد قدرة السمع بسبب عامل الضوضاء. إن الضوضاء الشديدة تسبب تمزقاً للأوتار الموجودة في القوقعة بالأذن الداخلية وتجعل الإنسان يفقد السمع تدريجياً. ولا يمكن تعويض هذه الإصابة مدى الحياة، ولذلك على المعمارى أن يبذل كل جهده في حماية مبناه من مصادر الضوضاء. هذا علاوة على أن الضوضاء تتعارض مع أنشطة الإنسان وتصرفه عن التركيز في الانتباه ومن ثم يتعرض للإصابة وخاصة في المصانع والورش وفي الأماكن العامة أيضاً.

وأبسط قواعد حماية المبنى من الضوضاء هي البعد عن مصادر الضوضاء لأن ذلك

وتعتبر الأسقف المعلقة خير عازل للضوضاء الناتجة من الدور العلوى إذا كانت معلقة بواسطة مواد غير موصلة للصوت مثل الخطاف المعزول باللباد أو الزنبرك اللولب (أنظر شكل ٦-٦).

تأتى الخطوة الأخيرة وهى وضع المواد الماصة للصوت على الحوائط والأبواب ولا توضع فى منطقة معينة بل توزع فى الفراغ كله.



شكل (٦-٦) يبين كيفية عمل الحوائط الجانبية غير متوازية وتشكيل السقف ليعكس الصفوف البعيدة عن المسرح

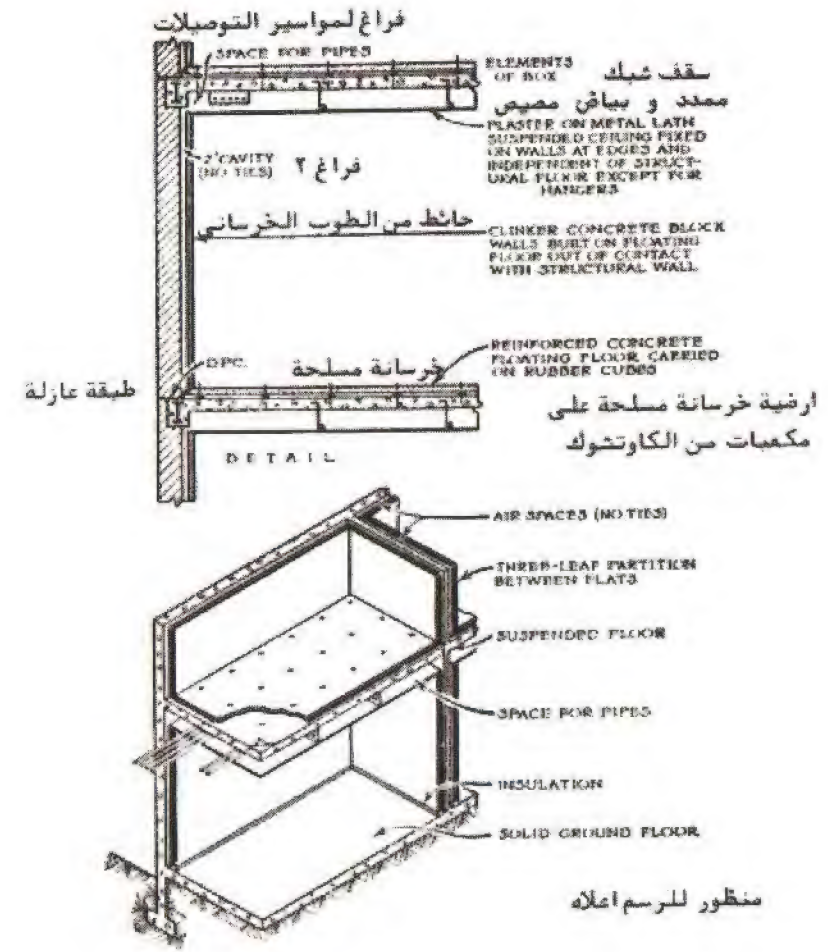
سوف يوفر كثيراً من الحلول التى تقلل من الضوضاء ومن ثم التكلفة. ومثال ذلك : إذا كان المطلوب بناء مدرسة ووجد أن الموقع يطل على شارع كثير الضوضاء فإن التصميم يجب أن يراعى فيه أن يكون مبنى الفصول متعامداً على الشارع ويبعد عنه بقدر ما يسمح به الموقع ثم نزرع المسافة بين مبنى الفصول والشارع بالأشجار الكثيفة ويبنى السور من مواد عاكسة للصوت وبزاويا خاصة تعكس الضوضاء بعيداً عن المبنى.

ولذلك يجب عند اختيار موقع لمبنى يعتبر الهدوء فيه هو العامل الأهم، أن يراعى ألا يكون على ناصية شارعين ولا على تل مرتفع لأن السيارات فى هذه المواقع تنتج ضوضاء شديدة سواء بسبب الفرامل أو الصعود أو التصادم، ويجب عمل مسح ميدانى للضوضاء ومعرفة مصادرها المختلفة واتجاه الرياح الآتية من هذه المصادر.

وعند عمل التصميم يجب وضع العناصر التى تشكل ضوضاء فى استخداماتها مع بعضها ووضع العناصر التى تحتاج إلى هدوء فى أهدأ جزء من المبنى مع ملاحظة أن المناور وآبار السلالم والمصاعد تعتبر مصدراً مقلقاً عالى الضوضاء. بعد مراعاة الملاحظات السابقة يبدأ المهندس فى استخدام المواد العازلة للصوت والمواد الماصة للصوت. وأبسط المواد العازلة للصوت هى عمل حائطين بينهما فراغ وهذا الترتيب يكون أفضل من حيث عزل الصوت من الحائط السميك. وبالنسبة للشبابيك الزجاج تعمل من لوحين من الزجاج بأسمك مختلفة وجعلها غير متوازيين عند تركيبها بالضلفة.

إذا كان شكل الواجهة يستلزم وضع الشبابيك أعلا بعضها على نفس المحور فيجب عمل مظلات أعلا كل شبك حتى لا يتسرب الصوت من الشباك السفلى إلى العلوى وهذا مفيداً أيضاً فى حالة الحريق حتى لا ينتشر الحريق فى المبنى.

وإذا كانت الحجرات مرصوفة بجانب بعضها فلا يجب أن تفتح الأبواب بالقرب من بعضها ولا مواجهة لأخرى إذا كانت الحجرات تواجه بعضها البعض. بالنسبة للأجهزة يجب وضعها على مطاط حتى تنخفض ذبذباتها.



ويمكن حساب قيمة الفقد في الوحدات الصوتية بالديسيبل بالمعادلة التالية :-

الفقد في التوصيل الصوتي = ١٠ لو ١٠ م/ت ديسيبل

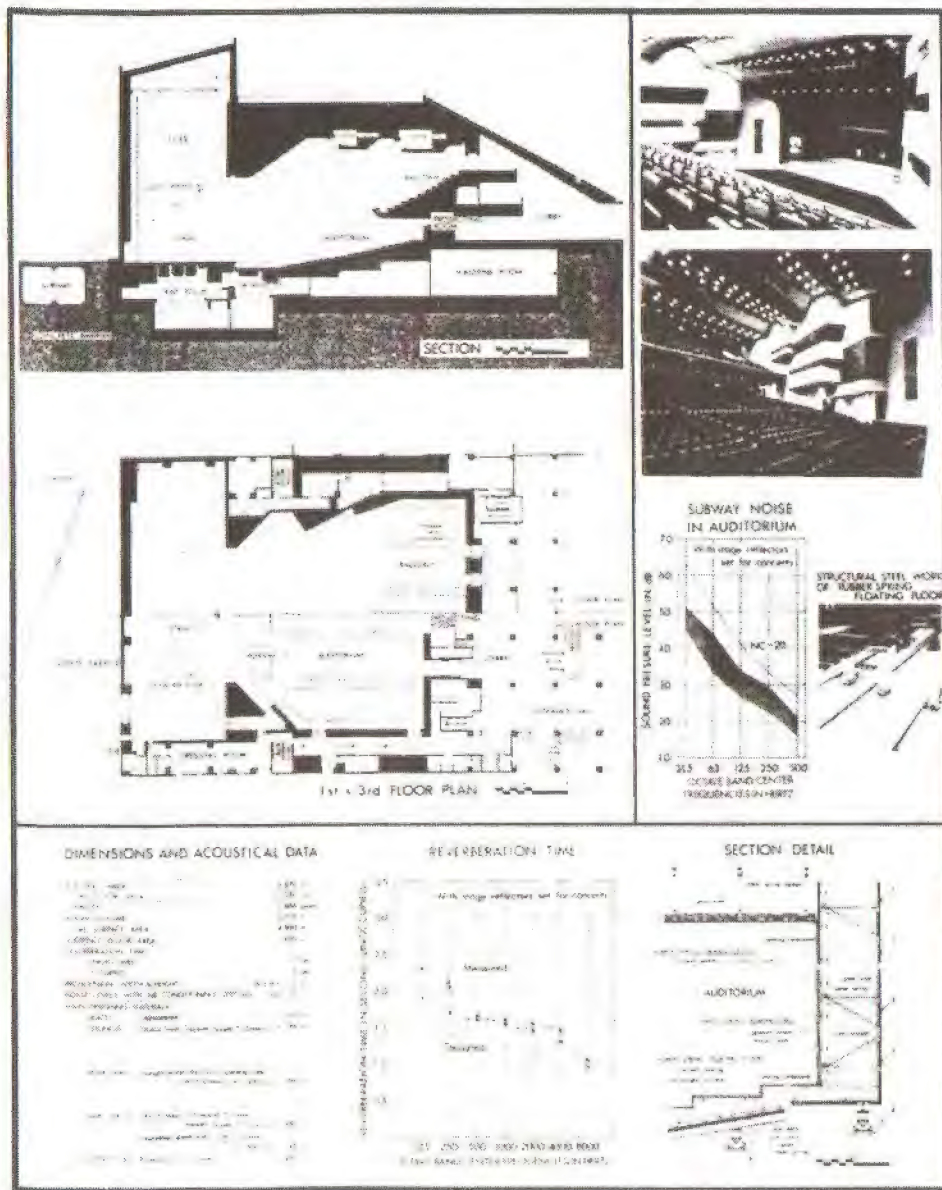
حيث م هي نسبة إمتصاص المواد الماصة للصوت أو متوسطها و ت هي معامل التوصيل الصوتي للمادة أو متوسطها إذا كانت أكثر من مادة.

وفي جميع الأحوال إذا كان المطلوب هو الهدوء فيجب ألا يزيد مستوى الضوضاء داخل المكان عن ٤٥ ديسيبل.

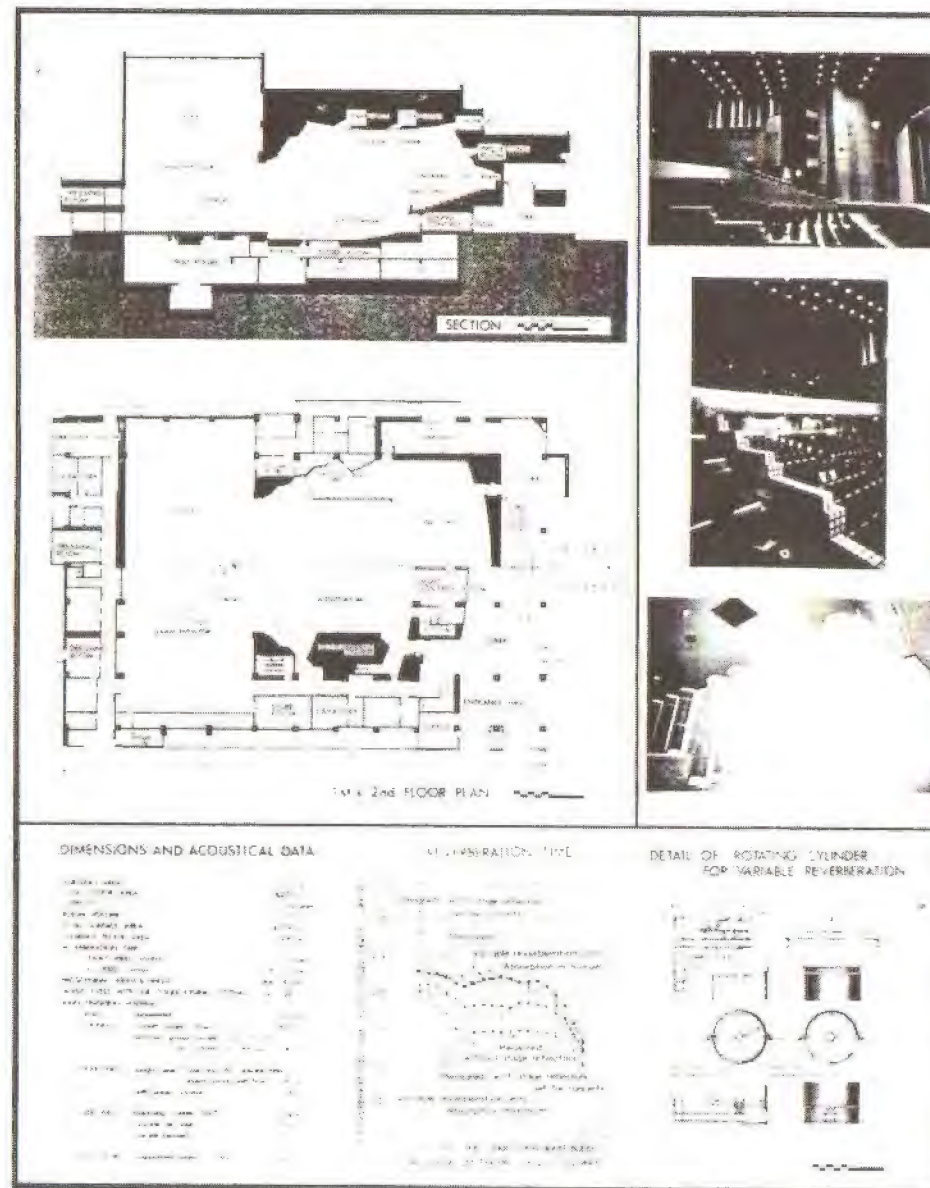
وفي الأشكال التالية أمثلة عملية لصالات الاحتفالات.

شكل (٦-٧) يبين الخطاف المستخدم في تعليق الأسقف المعلقة

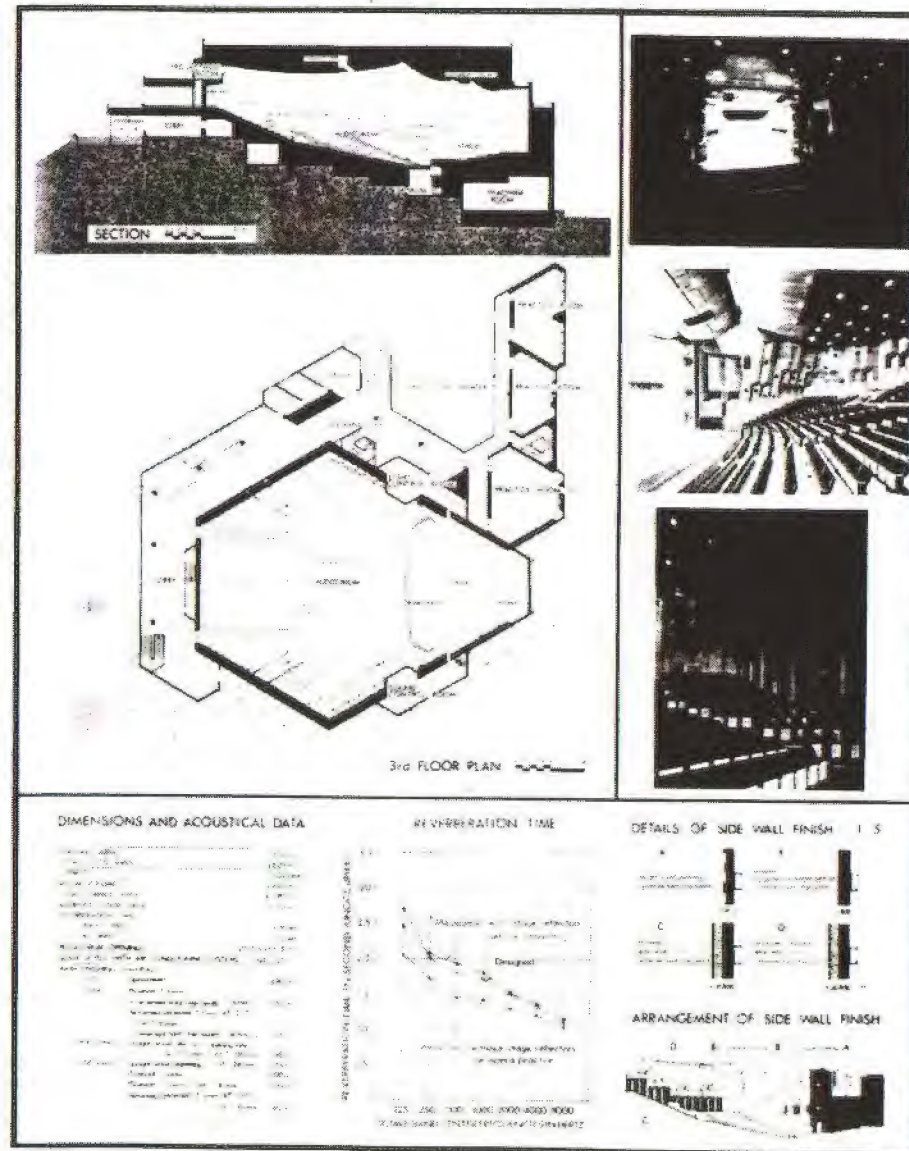
AICHI KOSEINENKIN HALL
NAGOYA, AICHI JAPAN
COMPLETED - 1980



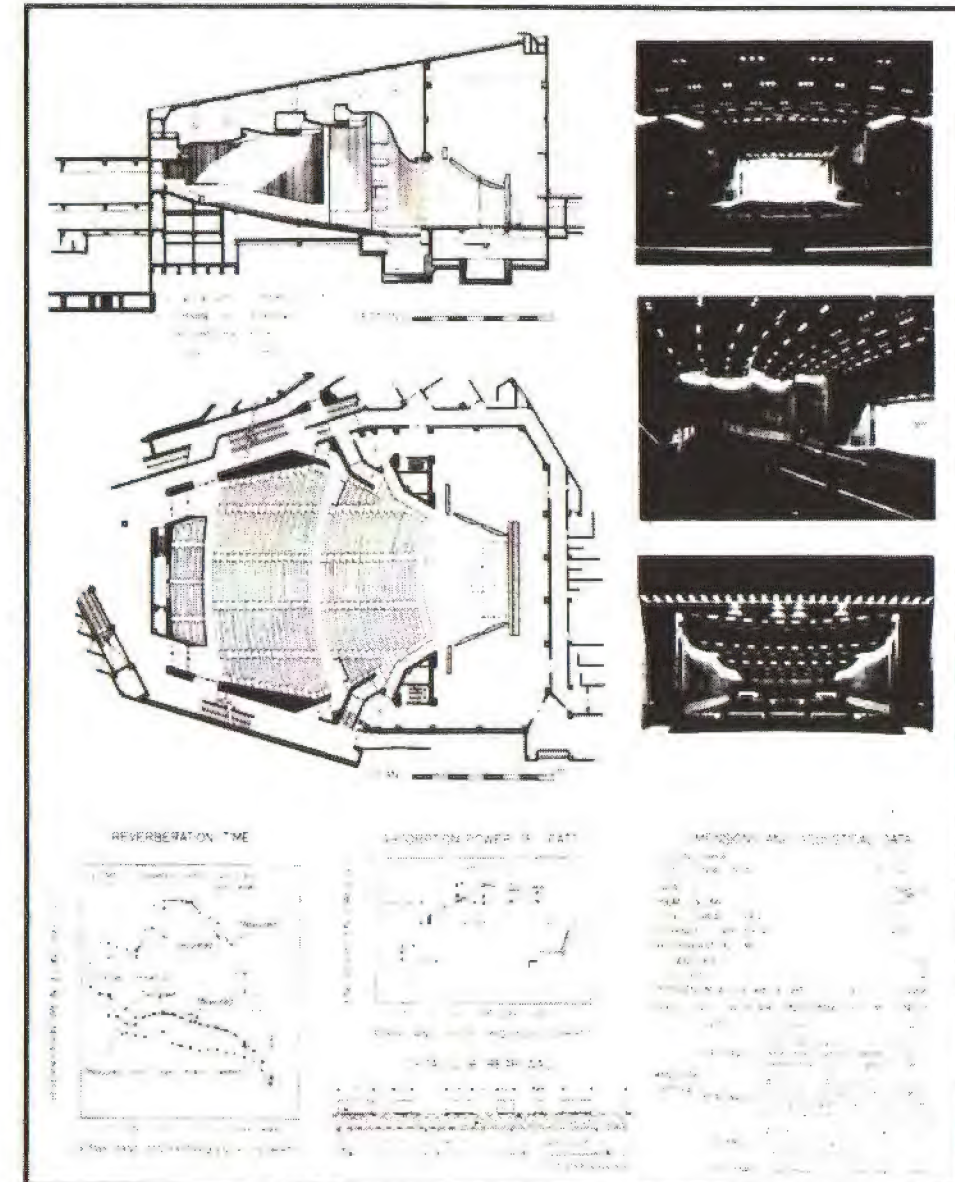
SAPPORO EDUCATIONAL & CULTURAL CENTER HALL
SAPPORO, HOKKAIDO JAPAN
COMPLETED - 1980



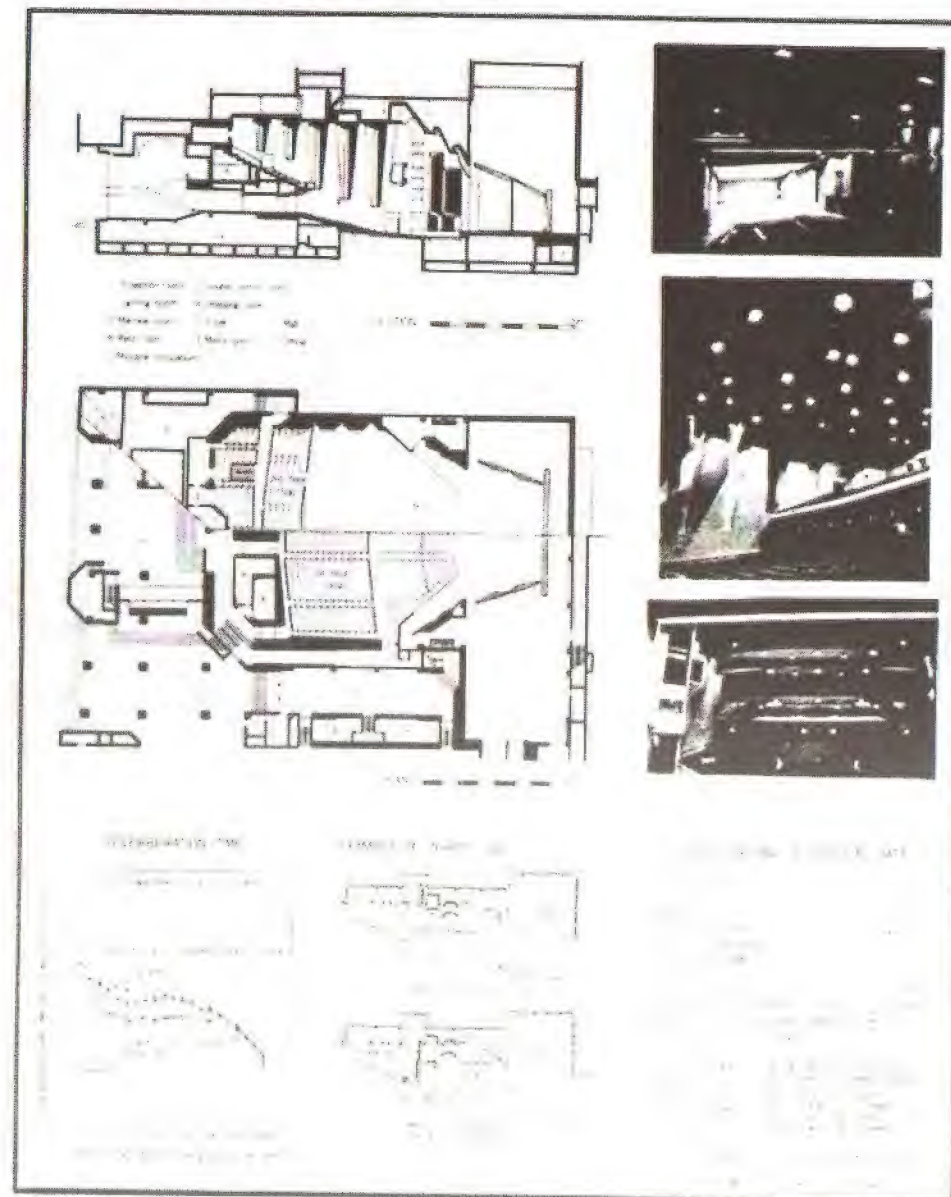
BACH SAAL (BACH HALL)
IRUMA, SAITAMA JAPAN
COMPLETED - 1979



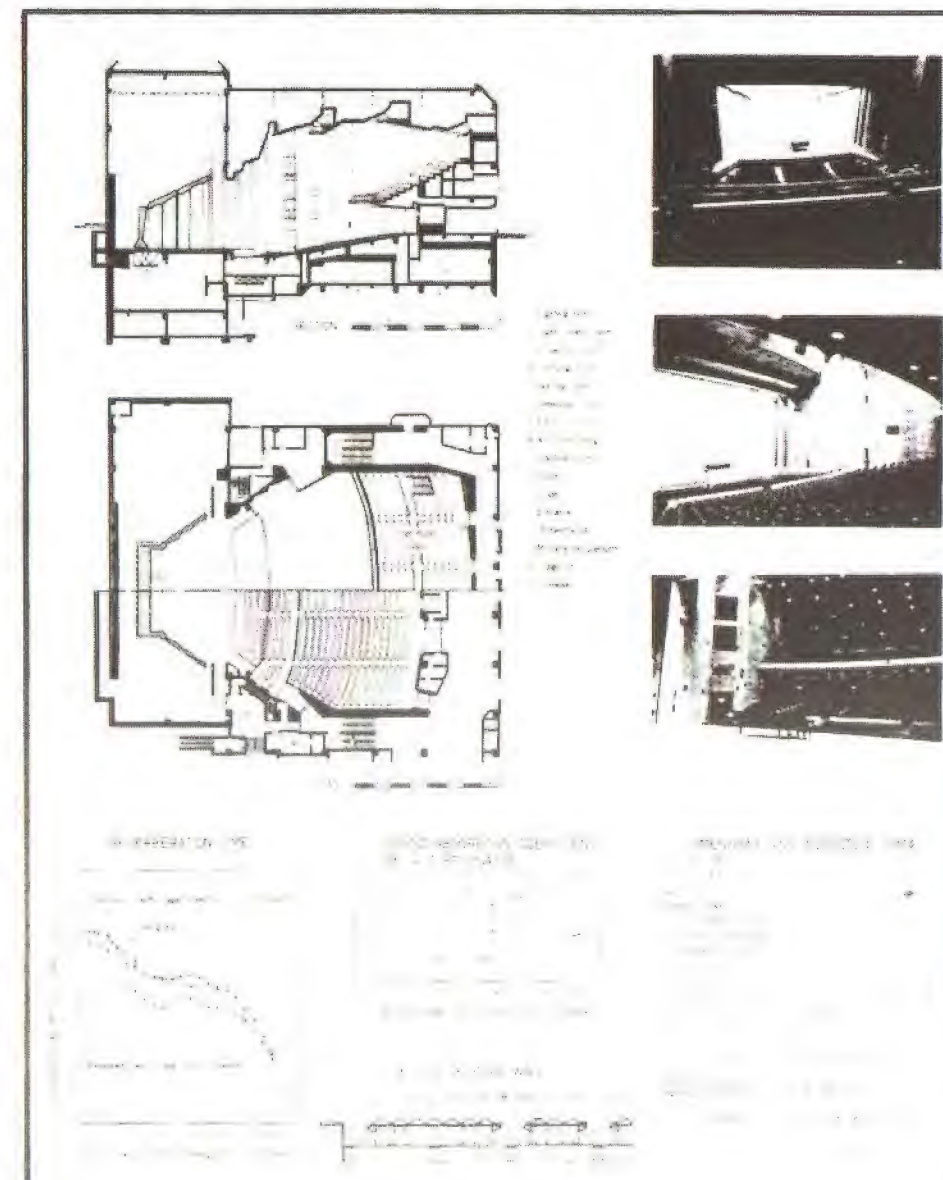
WAKAYAMA CIVIC CENTER HALL
WAKAYAMA, JAPAN
COMPLETED - 1979



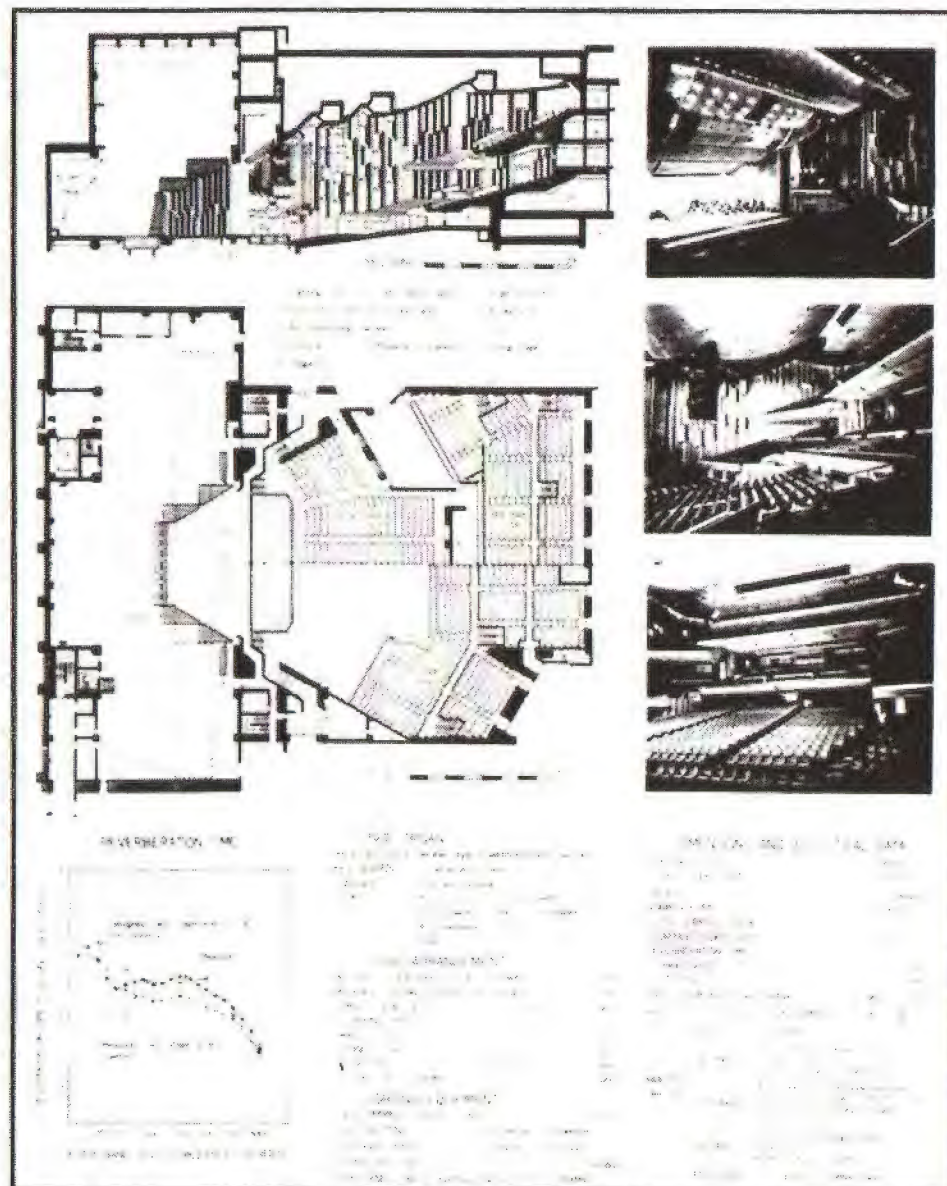
KOCHI PREFECTURAL CULTURE HALL
KŌCHI, JAPAN
COMPLETED - 1976



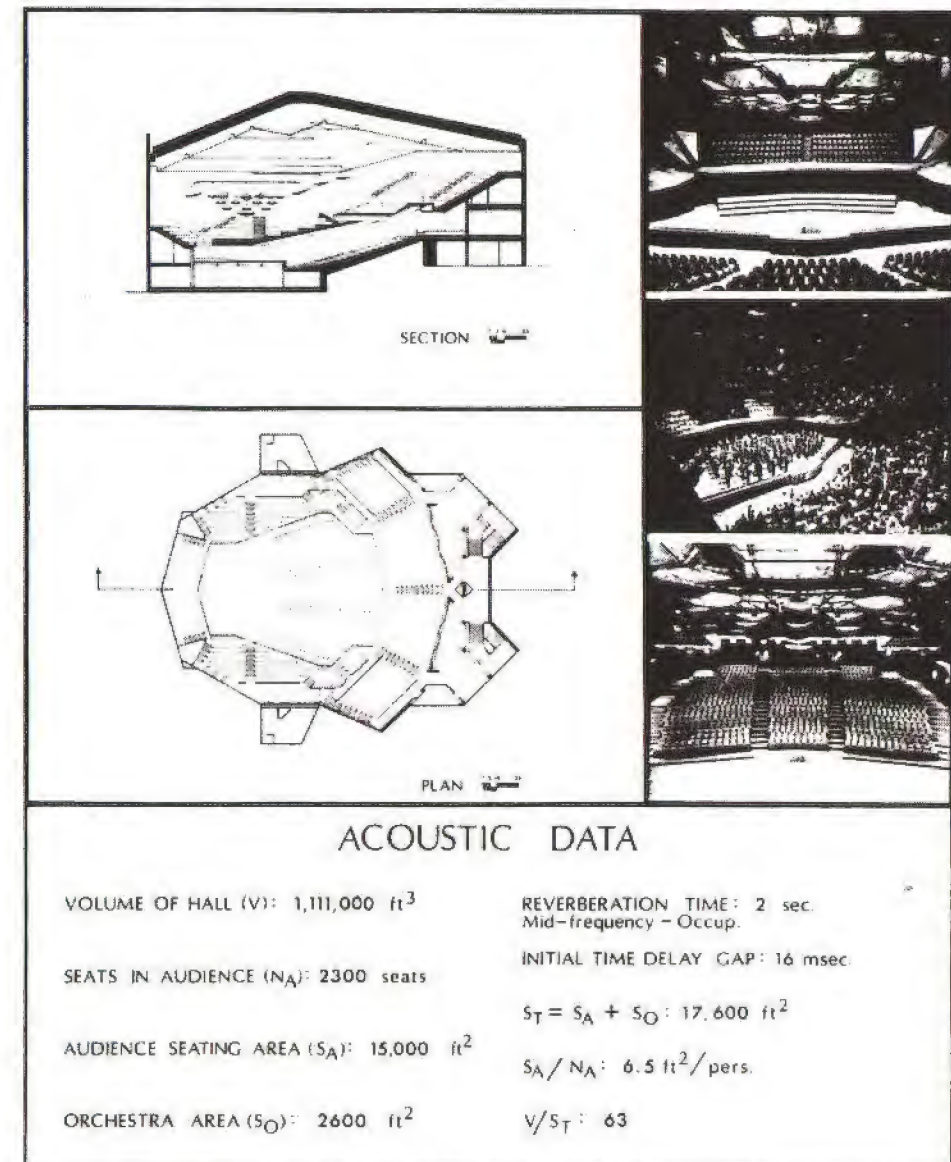
SHINJUKU CULTURE CENTER HALL
TOKYO, JAPAN
COMPLETED - 1978



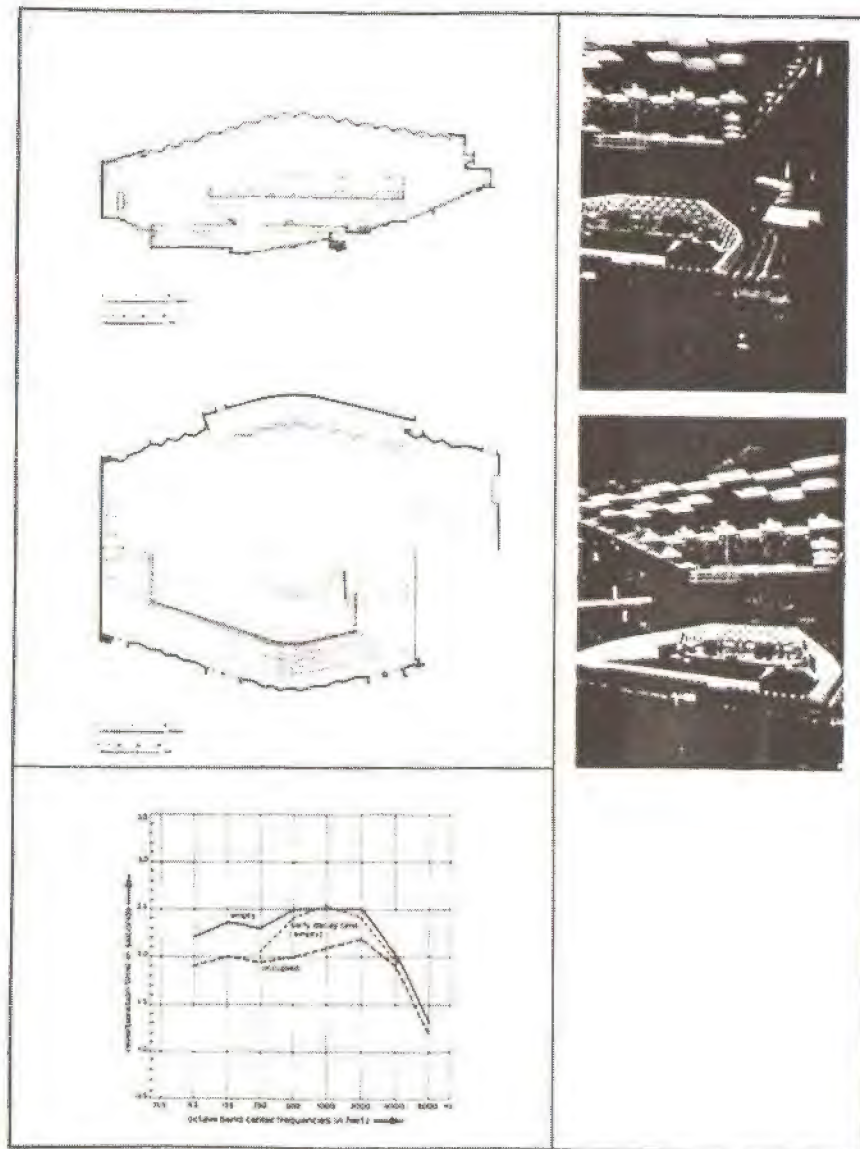
NHK HALL
TOKYO, JAPAN
COMPLETED, - 1973



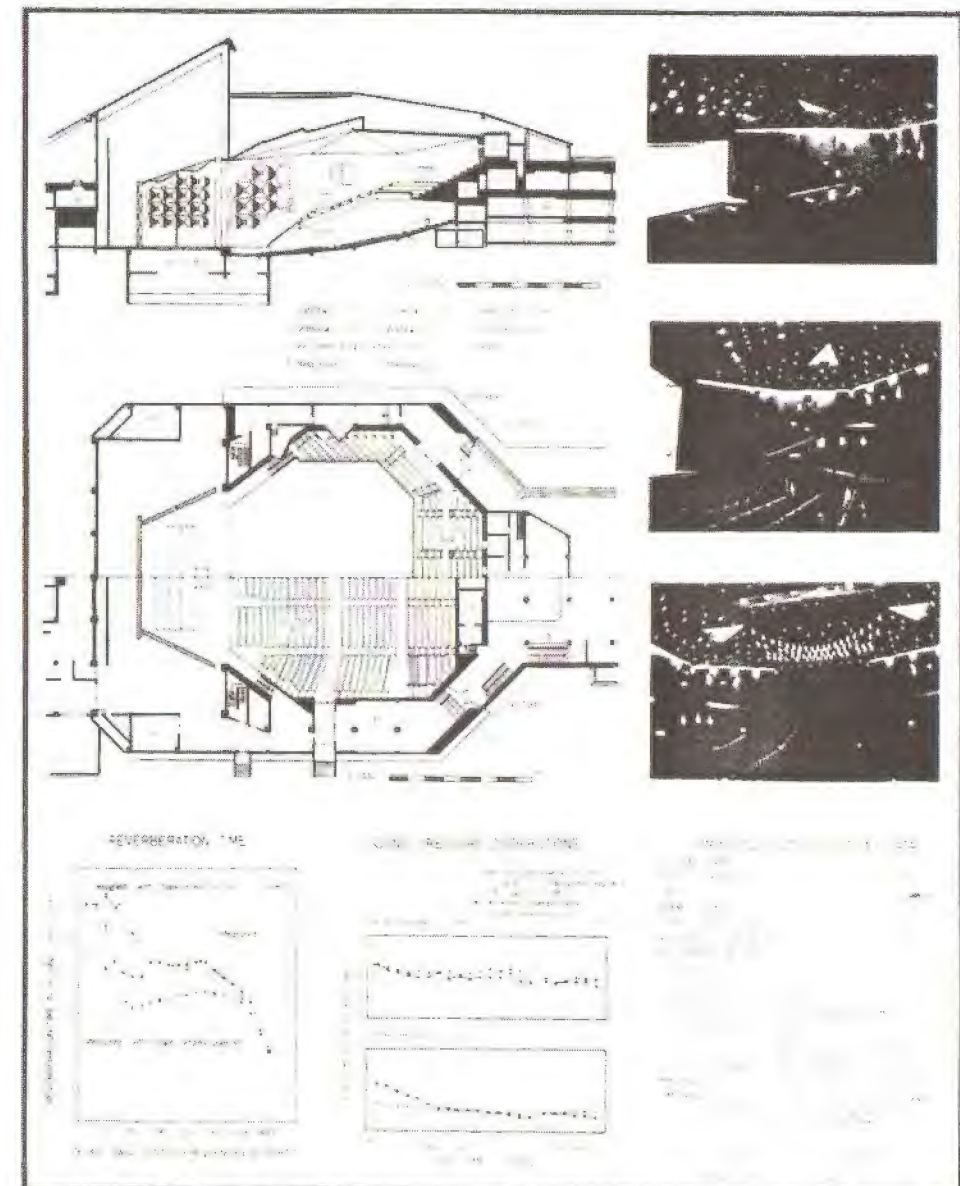
SALA NEZAHUALCOYOTL
MEXICO CITY, MEXICO
CONSTRUCTION COMPLETED - 1976



concert hall
de doelen, rotterdam
the netherlands



KURASHIKI CIVIC HALL
OKAYAMA, JAPAN
COMPLETED - 1972



٧
التخطيط العمراني والطاقة

Richard H. Talaske, } Halls For Music Performance,
Ewart A. A. Wetherill, } Published by the American Institute
William J. Cavanaugh. } of physics for the Acoustical society
of America, second printing, New
York, 1982.

Vern O, Knudsen, ph. D., } Acoustical Designing in Architecture,
Cyril M, Harris, ph D. } published by the American Institute
of physics for the Acoustical society
of America, fourth printing, 1950.

P.H, Parkin. Acoustics Noise and Buildings,
H.R.Humphreys; Faber and Faber, London, Boston,
J.R. Cowell; Fourth edition, 1979.

التخطيط العمراني والطاقة

- مقدمة

- ١-٧ استراتيجية الطاقة على مستوى المدينة
- ٢-٧ استراتيجية التخطيط العمراني الواعي بالطاقة
- ٣-٧ تنسيق الموقع
- ٤-٧ خطوات التخطيط الواعي بالطاقة

٧- التخطيط العمراني والطاقة

مقدمة:

استجاب الإنسان عبر التاريخ لاحتياجاته من الطاقة تبعاً لكم ونوع المواد المتاحة ، حيث تم إنشاء تجمعات عمرانية بفهم وتعامل حساس مع تلك الموارد أخذت طابعاً إقليمياً يعكس العلاقة التبادلية بينها وبين البيئة المحيطة .

إلا أن استهلاك الطاقة غير المرشد وغير المناسب في العصر الحديث أدّى إلى ضرورة وقفة لتصحيح أسلوب التعامل مع الطاقة الذي قد يؤدى تجاهله إلى الوقوع في مشاكل عديدة.

وعلاوة على الزيادة السكانية وما يناظرها من زيادة في استهلاك الطاقة هناك أيضاً الزيادة المذهلة في المجالات التي تستخدم فيها الطاقة ؛ لذلك فإن الطاقة تكاد تعتبر مشكلة المستقبل مما جعلها تتصدر موضوعات البحث العلمى والتطبيقات في مختلف أنحاء العالم بحثاً عن أساليب لترشيد استخدام الطاقة التقليدية التي يقل مخزونها في العالم يوماً بعد يوم كذلك محاولة استغلال مصادر الطاقة الجديدة والمتجددة في الكون . والشمس هي أصل كل الطاقات الطبيعية في الكون مثل الحرارة والرياح وحركة المياه ، فهي السبب في كل الظواهر المناخية حيث تشكل مع توزيع مسطحات البحار واليابس على سطح الكرة الأرضية العوامل المؤثرة في حركة الرياح ودرجة حرارتها والأمطار وغيرها من المظاهر المناخية .

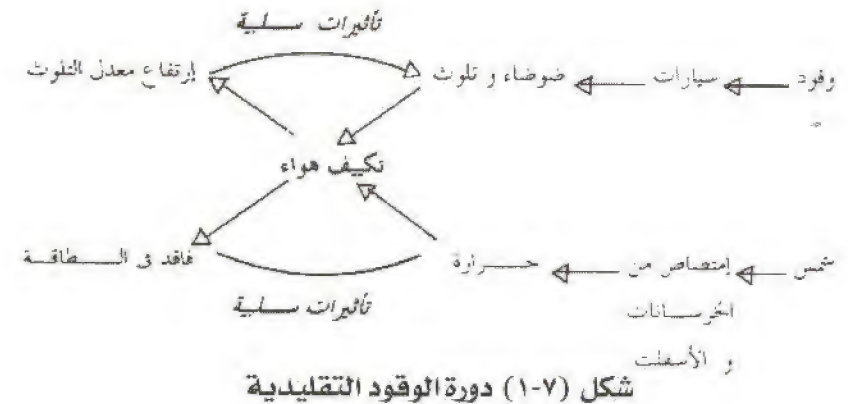
وتعتبر كمية الطاقة التي يستخدمها الآدميون والتي يخشى نفادها صغيرة جداً بالنسبة لما تقدمه لنا الشمس سنوياً حيث تبلغ $1/250000$ من كمية الطاقة التي تبعثها الشمس . ويذهب ٤٧٪ منها في تسخين سطح الأرض والمحيطات والجو و٢٣٪ تستنفد في تبخير المياه من البحيرات والمحيطات ، تلك المياه التي تسقط بعد ذلك في صورة أمطار تتدفق خلال الأنهار لتصب مرة ثانية في البحر و٢٠٪ من طاقة الشمس هي

التي تتسبب في اختلاف درجة حرارة الجو والمحيطات وهو ما يسبب بالتالي سريان الهواء أو الماء من مناطق الضغط المرتفع إلى مناطق الضغط المنخفض والذي يتمثل في صورة رياح أو تيارات مائية في البحار والمحيطات .

من هنا كانت الشمس ذات تأثير قوى ومباشر على حياة الإنسان ، إلا أنها مثل وجهي العملة : الوجه الأول السلبي وهو التأثير غير المرغوب فيه الذي يؤدي إلى ارتفاع درجات الحرارة عن الحد المطلوب لراحة الإنسان والوجه الثاني وهو الإيجابي والذي يتمثل في الاستفادة من أشعتها وما يمكن أن توفره من طاقة تستخدم في مختلف الأغراض .

وإذا كان أهم استخدام لأشعة الشمس في العمارة هو تسخين وتبريد المباني ، فإن إمكانية استخدامها في المباني المنفردة لا تتحقق إلا باتخاذ احتياطات تخطيطية على كافة المستويات تبدأ من الموقع المحيط بالمبنى وتندرج لتصل إلى مستوى المدينة لأن معنى المدينة أكبر بكثير من كونها مجرد تجميع للمباني ، فهي تضم سلسلة من العمليات المتشابكة من سكن وعمل وترفيه تتبلور في شكل عمران .

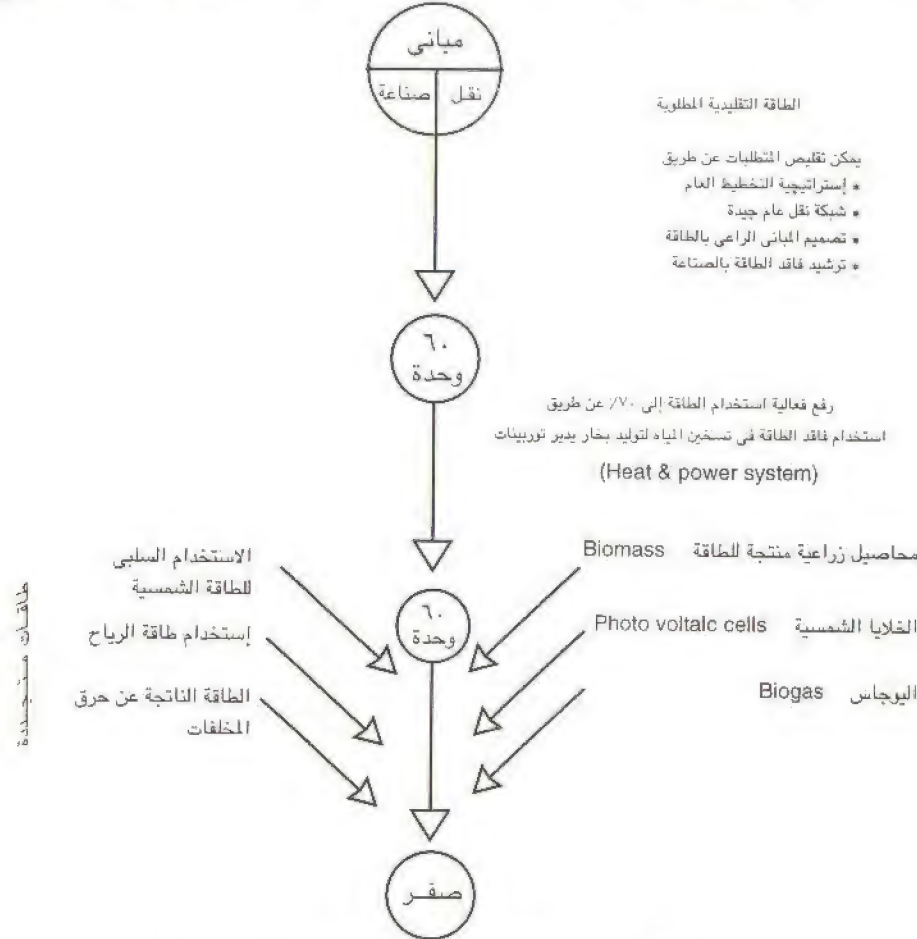
والعمارة الخضراء لا تقتصر على المباني كوحدات قائمة بذاتها ، وإنما تهدف لما هو أشمل من ذلك حيث ترنو إلى تكوين بيئة محتملة في المدينة مع ترشيد استهلاك الطاقة التقليدية وما ينتج عنها من تلوث .



ومن هنا كانت أهمية الوصول إلى أسلوب نمطي لتخطيط المدينة مع الحفاظ على الطاقة واحترام البيئة ، يبدأ بدراسة استراتيجية الطاقة بالمدينة ، كذلك بدراسة عمليات الحياة بها مما يمكن من وضع صورة عامة للمدينة تحقق المطلوب .

١-٧- استراتيجية الطاقة على مستوى المدينة

تستخدم الطاقة بأشكالها التقليدية : كهرباء ، غاز أو بنزين في المجالات الرئيسية



فى المدينة وهى الإسكان والنقل والصناعة وذلك بنسب ٥٠٪ ، ٢٥٪ ، ٢٥٪ على التوالى . وتتمثل استراتيجية تخطيط الطاقة فى شقين يتحتم تطبيقهما بصورة متكاملة وهما:

الشق الأول:

ويتمثل فى تقليص متطلبات المدينة من الطاقة التقليدية . ويمكن أن يتم ذلك عن طريق :

١- استراتيجية التخطيط العام وهو ما سيتم مناقشته لاحقاً .

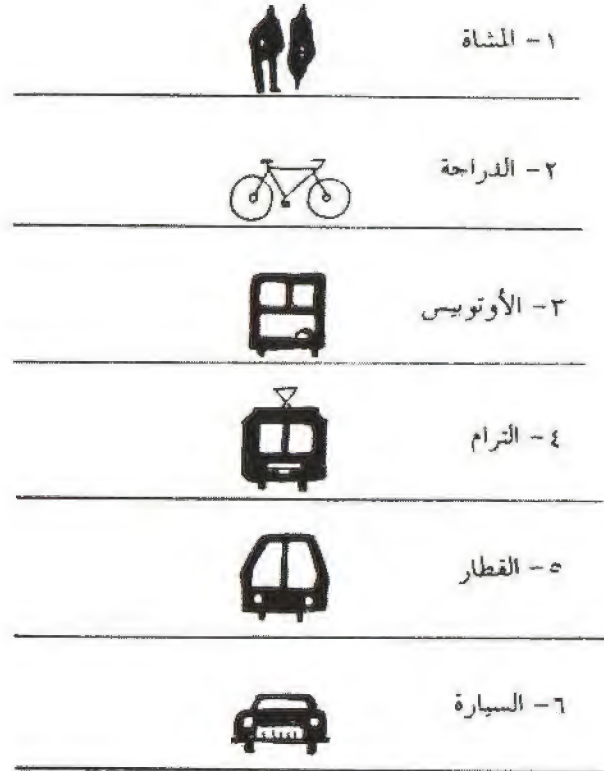
٢- شبكة نقل عام جيدة مع تدعيم وسائل النقل الجماعية فى محاولة لتقليص استخدام السيارات الشخصية التى تعتبر أقل المواصلات كفاءة من حيث فاعلية استخدام الطاقة وأكثرها ضرراً بالبيئة . وقد تكون وسيلة النقل الجماعى تلك ذات سرعة عالية مثل مترو الأنفاق أو المونوريل مع نقط توقف متباعدة مع تغذيتها بوسائل تكميلية لتغطية المسافة بين المحطات مثل الأتوبيس والتاكسى أو قد تقتصر على استخدام وسائل نقل ذات سرعات أقل وتغطى الشبكة بأكملها . وبالطبع فإن الأسلوب الأول هو الأفضل من حيث عدد الركاب فى الساعة وما لذلك من تأثير على اختصار عدد السيارات المستعمل فى المسافات الطويلة إلا أنه لا يتناسب مع البلدان الفقيرة بسبب تكلفته العالية. ويوضح شكل (٧-٣) تدرج وسائل النقل الممكنة داخل المدينة .

٣- تصميم المباني الواعى بالطاقة وهو ما يتعرض له نهاية هذا الفصل من الدليل .

٤- ترشيد فاقد الطاقة الصناعية.

٥- رفع فاعلية استخدام الطاقة عن طريق استخدام فاقد الطاقة الحرارية والموجودة غالباً حول أبراج التبريد ونموها فى تسخين مياه لتوليد بخار يدير توربينات وهو ما يطلق عليه المحطات المركبة للحرارة والقوى. Combined heat and power plants

٦- إدخال نظم تبادل المعلومات بالكمبيوتر وتعميمها ليكون الشراء والتعامل بالحد



شكل (٧-٣) التدرج الهرمى لوسائل النقل

الأدنى من القيادة أو بمعنى آخر من استهلاك الطاقة.

٧- علاوة على ما سبق فإنه من المهم الحفاظ على نظافة البيئة لأن البيئة غير النظيفة تدفع الناس إلى الاستغناء عن التهوية الطبيعية واللجوء إلى التكييف والتهوية الصناعية المستهلكة للطاقة.

الشق الثاني:

ويتمثل في التوسع في استهلاك أنماط متجددة من الطاقة وتتضمن:

١- البيوماس Biomass

وهي زراعة محاصيل منتجة للطاقة وكذلك استغلال المخلفات العضوية المتبقية من المحاصيل في الحقول . وهذا الأسلوب يكون أكثر فاعلية في البلاد النامية حيث يمكن استغلال العمالة الزراعية رخيصة الثمن في إنتاج مثل تلك المحاصيل (الذرة - القمح - القطن... الخ)

٢- البيوجاس Biogas

وهي الطاقة الناتجة عن تحلل النفايات العضوية

٣- تحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة كهربائية: عن طريق الـ Photo Voltaic

Cells، إلا أن فعاليتها حتى الآن لا تزيد عن ١٠-٢٠٪ على الأكثر وتعتبر مكلفة، لذلك فإن استعمالها يكون محدوداً في نطاق ضيق.

٤- الاستخدام السلبي للطاقة الشمسية: Passive Solar Energy

للتدفئة والتبريد والمباني وهذا ما بدأ في الإنتشار في الدول الأوروبية .

٥- حرارة الشمس: Solar Heat من حيث استخدامها في إدارة تربيينات الخ...

وهذا الأسلوب مستخدم بشكل شائع في كاليفورنيا بالولايات المتحدة إلا أنه قد يكون مرتفع التكاليف في البلاد النامية.

٦- الطاقة الناتجة عن حرق القمامة والمخلفات الصلبة.

٧- طاقة الرياح: حيث تتكامل معداتها مع تخطيط المواقع وتصميم المباني.

٧-٢ استراتيجية التخطيط العمراني الواعي بالطاقة

إن الوصول إلى أقصى كفاءة لاستخدام الطاقة لا يتأتى إلا بتخطيط سليم يحقق الكفاءة في جميع مستويات الاستخدام وبما أن تخطيط الطاقة لا يمثل إلا عنصراً واحداً من عناصر التخطيط ، إذن يجب أن يهدف التخطيط الواعي بشكل عام إلى الآتي:

١- الاستخدام الأمثل للأراضي

٢- مراعاة النمط العمراني للتجمع والمفاهيم المعمارية السائدة .




٣- مراعاة الفراغات الحضرية ذات الكثافة المرتفعة كذلك الفراغات الريفية .

٤- مراعاة التأثيرات الاجتماعية والمشاكل الاقتصادية .

٥- مراعاة النواحي الفنية في استخدام الطاقة الشمسية .

٧-٢-١ استراتيجية التخطيط على مستوى المدينة :

كما سبق ذكره فإن استراتيجية التخطيط العام للمدينة تؤثر بصورة مباشرة على إمكانية تقليص المتطلبات من الطاقة التقليدية . وإذا كان ترشيد الطاقة المستخدمة في الإسكان يتوقف على وعي السكان داخل المسكن ، كذلك على شكل وتصميم المسكن وتفاصيله فإن أهم ما يرتبط بالتخطيط العمراني في مجال ترشيد الطاقة هو الاستخدام الأمثل للأراضي وعلاقة الاستعمالات المختلفة ببعضها البعض حيث إن أهم مجال لاستخدامات الطاقة هو مجال النقل بين الوظائف المختلفة بالمدينة.

مجموع المسافات المؤدية للمركز الحضري	وضع الخدمات بالنسبة للتجمع
١	المركز يتوسط التجمع 
١,٧	المركز على جانب التجمع 
١,٣٥	توزيع منتظم لعناصر المركز الحضري على التجمع 

حيث م = مجموع المسافات
س = عدد السكان
ك = الكثافة الإجمالية

شكل (٧-٤) مجموع المسافات المؤدية للمركز الحضري

وفي حالة تزويد كل مجموعة سكنية مصغرة بأماكن عملها وخدماتها وتعليمها في منطقة متوسطة فإنه يتم تخفيض مقدار رحلات العمل والتعليم والتسوق حيث تم تقريب مسافات تلك الأنشطة من السكن . ويتأتى ذلك عن طريق الخلط المدروس والتوازن بين الاستعمالات المختلفة على المجموعة السكنية أو الوحدة العمرانية وتكمن الصعوبة هنا في تحديد حجم تلك الوحدة العمرانية لأنها إذا كانت أصغر من اللازم لن تمكن من توفير عمل مناسب لكل ساكنيها ، وإذا كانت أكبر من اللازم لن يتغير الأمر عما هو عليه من وجود منطقة مركزية كبيرة .

وكحل لثلاثي مشكلة الطاقة في النقل يمكن اختصار معظم رحلات الشراء - المدرسة عن طريق خلطها مع الاستعمالات السكنية والترفيهية الأخرى - وتكون رحلات العمل هي فقط التي تستهلك الطاقة . بذلك تعود المدينة لتكون ملكاً للمشاه وركاب الدرجات فتعيد العلاقة بين الناس وبين المحيط الحيوي والطبيعي لهم أو على الأقل تدفعهم إلى عدم تجاهل الطبيعة في أنشطتهم المختلفة . وهذا في حد ذاته يسهم بطريقة غير

وبدراسة حركة الانتقالات بالمدينة يتضح أنها تتكون أساساً من أربعة محاور هي:

١- من المنزل إلى العمل

٢- من المنزل إلى المدرسة

٣- من المنزل إلى السوق

٤- من المنزل إلى مناطق الترفيه

والمحاور الثلاثة الأولى لا يمكن الاستغناء عنها ، أما رحلات الترفيه فهي ليست حيوية ولا متكررة بشكل يومي لذلك فهي لا تدخل في الحساب .

ويمكن اختصار $\frac{1}{3}$ الطاقة المستخدمة في الانتقال داخل المدينة عن طريق إحدى الوسييلتين التاليتين أو كليهما :-

١- تقصير المسافات في الرحلات السابق ذكرها .

٢- استخدام وسائل مواصلات توفر الطاقة

وفيما يلي يتم تناول هاتين الوسييلتين بالشرح :

١-٢-٧-١ تقصير المسافات في الرحلات المختلفة:

في دراسة مقارنة للعلاقة بين المسافات وتكوين التجمع العمراني تم افتراض منطقة سكنية ذات كثافة سكانية منتظمة كما تم توزيع الخدمات عليها بثلاثة أشكال مختلفة . وبحساب مجموع المسافات المؤدية للمراكز الحضرية في كل شكل من أشكال التوزيع جاءت النتيجة كما يوضحها شكل (٧-٤) .

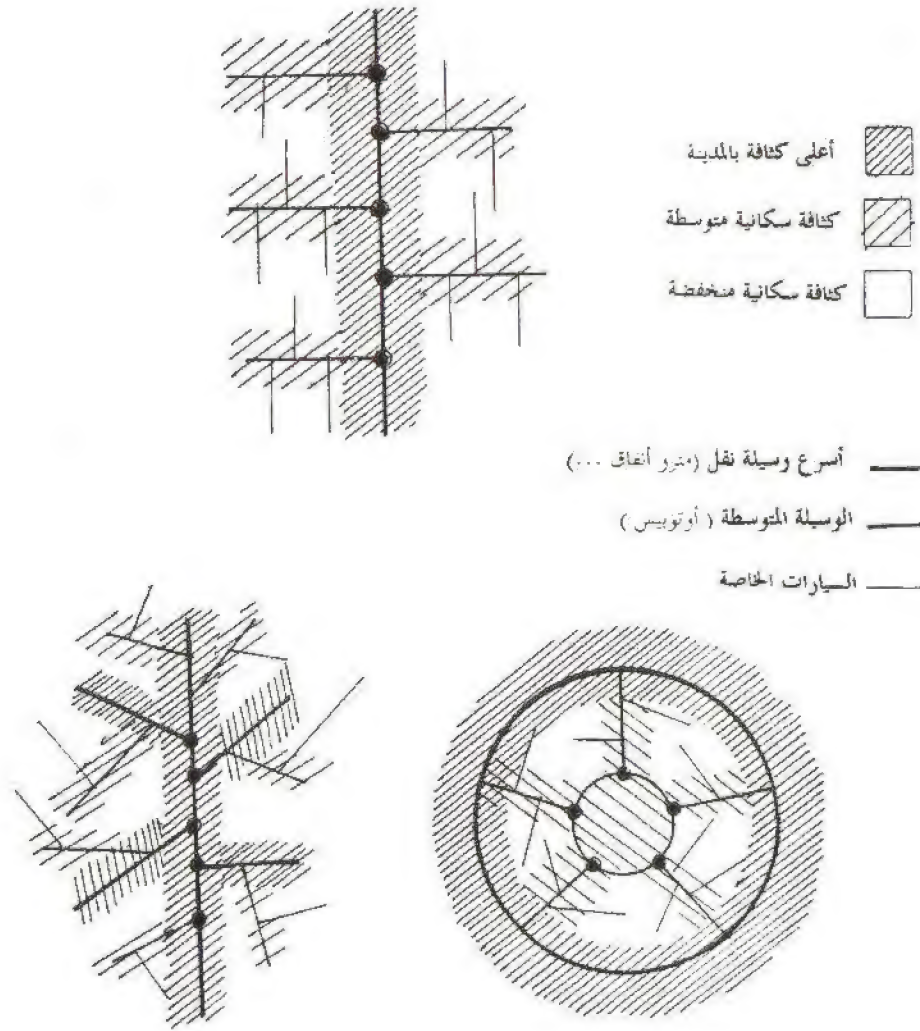
ويتوقف مجموع المسافات (م) على طول نصف قطر التجمع السكني (ر) الذي يتحدد من عدد السكان (س) والكثافة الإجمالية (ك) . مما سبق يتضح أن أنسب وضع للخدمات هو مركز التجمع حيث يؤدي وضعه على حافة التجمع إلى مضاعفة المسافات إلى ١,٧ مرة ، كما يؤدي توزيع عناصر المركز إلى مضاعفة المسافات بمقدار ١,٣٥ .

مباشرة في ترشيد استهلاك الطاقة بالمدينة ، فالجو النظيف يدعو إلى فتح النوافذ وعدم استهلاك المزيد من الطاقة في الهروب من التلوث . معنى ذلك عزل وسائل المواصلات الثقيلة والسريعة مع وضع المناطق الصناعية في أماكن إقليمية بعيدة عن المدينة التي يعود إليها المقياس الإنساني .

٢-١-٢-٧ التأثير المتبادل بين استخدام وسائل مواصلات توفر الطاقة وتخطيط المدينة:

كما سبق وذكر فإن وسائل النقل الجماعية تستهلك طاقة أقل بكثير من السيارات الخاصة لنفس عدد الركاب كما أنها تأخذ حيزاً أقل . لذلك كان لزاماً علي التخطيط تمكين وصول وسائل النقل الجماعي إلى نقطة معينة داخل التجمع العمراني أو على أطرافه تمكن من تقليل مسافات السير من محطات النقل إلى مواقع السكن . وينتج عن ذلك إما مناطق محورية ذات كثافة عالية في مباني متوسطة الارتفاع وتقل الكثافة عند أطراف المنطقة حيث يكون استخدام وسائل النقل الفردية أو العكس ، حيث تتواجد المناطق عالية الكثافة على الأطراف مع الاحتفاظ بقلب المدينة منخفض الكثافة . وهنا يكون محور التخطيط هو عملية الاتزان بين الوسائل الفردية في النقل والوسائل الجماعية ، كما يجب أخذ أسعار الأراضي في الاعتبار شكل (٧-٥) . رتدخل وسائل المواصلات الحدية في تحديد الشكل العام للمدينة حيث يفضل أن تكون وسائل النقل الجماعية تحت الأرض حتى لا تتسبب في الإزحام والاختناقات التي تؤدي بدورها إلى الأضرار بالبيئة ، كذلك يفضل أن تعمل بالطاقة النظيفة بعيداً عن البنزين والفحم أما وسائل النقل الفردية فيفضل أيضاً أن تعمل بالطاقة النظيفة إلا أن هذا ما يزال غير منتشر .

وبشكل عام فإن دراسة وضع محطات النقل في المخطط يجب أن تأخذ في الاعتبار العوامل التخطيطية والبيئية الأخرى كذلك نوع الحياة الحضرية لكي تتلافى حدوث أية صراعات تؤدي إلى فشل التخطيط في تحقيق غايته من توفير للطاقة والوصول إلى بيئة نظيفة .



تخترق الوسيلة السريعة المدينة هامة بالمركز

تحيط وسيلة النقل السريعة بالمدينة

شكل (٧-٥) علاقة الكثافات السكانية بتدرج سرعات وسائل النقل بالمدينة

ولما كان من الصعب تجاهل تفضيل السيارة فإنه من الضروري إيجاد الفكر التخطيطي الذي يهدف إلى اللقاء المناسب بين مطلبى توفير الطاقة واستخدام السيارة فمثلا يتم تظليل مساحات الإنظار بشكل كثيف كما يتم تفتيت تأثير الساحات الأسفلتية الكبيرة بعمل عدد كبير من الساحات الصغيرة المظلة وغير ذلك من حلول تهدف إلى تقليل الحاجة لاستخدام الطاقة .

[illegible]

جدول (٧-١) الاستجابات الحرارية للبيئتين الطبيعية والمبنية

- 297 -

<p>وجود تكوينات أرضية أو تلال تمنع الشمس والهواء</p> <p>وجود منخفضات يستقر بها الهواء البارد</p> <p>وجود ميول تساعد أو تعوق استخدام الطاقة الشمسية</p>	الطبوغرافيا
<p>مواجهة للجنوب تأخذ أقصى إشعاع شمسي</p> <p>مواجهة للغرب تأخذ أقصى إشعاع شمسي عصراً</p> <p>مواجهة للشرق تأخذ أقصى إشعاع شمسي صباحاً</p> <p>مواجهة للشمال تأخذ أقل إشعاع شمسي على الإطلاق</p>	المنحدرات
<p>المسار اليومي والموسمي للشمس على الموقع</p> <p>الإشعاع الشمسي ومعوقاته</p> <p>تيارات الرياح فوق وحول الموقع</p> <p>درجات الحرارة</p> <p>الرطوبة</p> <p>الأمطار والسحب</p>	المناخ
<p>حجم وشكل ومكان النباتات التي قد تعوق تجميع طاقة الشمس</p> <p>حجم وشكل ومكان النباتات التي تساعد على حفظ الطاقة الشمسية</p>	النباتات الموجودة
<p>بواسطة النباتات</p> <p>بواسطة الطبوغرافيا</p>	الأماكن المحمية من أشعة الشمس والهواء
<p>في الصيف</p> <p>في الشتاء</p> <p>طوال العام</p>	المساحات المعرضة للشمس والهواء

شكل (٦-٧) اختيار وتحليل الموقع

الاستجابات الحرارية للإنسان	معتدل الحرارة					دافئ					حار				
	رطب	شبه رطب	معتدل	شبه جاف	جاف	رطب	شبه رطب	معتدل	شبه جاف	جاف	رطب	شبه رطب	معتدل	شبه جاف	جاف
الميل في اتجاه خط الاستواء ، مقبول	×	×	×	×											
(جنوباً في نصف الكرة الشمالي وشمالاً في النصف الجنوبي)															
الأفضلية لاتجاه القطب شمالاً															
(شمالاً في النصف الشمالي وجنوباً في النصف الجنوبي)															
الميل للاتجاه الشرقي أو الغربي مقبول															
الأفضلية للميل في اتجاه هبوب الرياح															
الأفضلية للميل في عكس اتجاه الرياح															
الأفضلية للموقع في الرادى															
الموقع مرتفع على أرض مائلة لأقصى تهوية															
الموقع منخفض على أرض مائلة لأقل تهوية															
الموقع قريب من السواحل لأقصى استفادة من تحرك الرياح بين الماء واليابسة .															

جدول (٢-٧) قابلية الأقاليم المناخية لتطبيق بعض اعتبارات اختيار الموقع

أكبر تجميع ممكن للطاقة الشمسية من خفض احتياج المبنى للطاقة إلى الحد الأدنى. ويوضح شكل (٧ - ٦) أهم أسس اختيار الموقع حيث تكون الأفضلية المطلقة للموقع الذي يصله أكبر قدر ممكن من الإشعاع الشمسي المباشر وغير المباشر دون معوقات ولأطول فترة ممكنة.

ويوضح جدول (٢-٧) بعض الاعتبارات الخاصة باختيار الموقع في مختلف الأقاليم المناخية.

ب) معايير تخطيط الموقع بأسلوب واعى بالطاقة

عند وضع تخطيط الموقع تؤخذ فى الاعتبار العوامل التالية:

- ١- احترام الموقع والمحافظة على الموارد عن طريق استخدام جميع عناصر الطاقة الطبيعية المتوفرة من شمس ورياح وموج البحر وإعادة استخدام المياه جزئياً وغيرها.
 - ٢- استخدام النباتات الأصلية للمنطقة والإبقاء على طبيعة الموقع .
 - ٣- استخدام مواد البناء الأولية بالمنطقة ما أمكن ، مما يوفر فى الطاقة (نقل المواد، نقل الأيدى العاملة، التقنيات ... الخ).
 - فى حالة استخدام المساكن الشمسية يضاف إلى ماسبق:
 - ١- إظهار أساليب تجميع الشمس كعلامات مميزة للموقع.
 - ٢- المحافظة على نظافة البيئة حيث أن استخدام الطاقة الشمسية فى المباني يتكامل مع حماية البيئة بل لا يكون فعالاً إلا من خلال بيئة نظيفة.
- وتتحقق الاستفادة المثلى من الطاقة الشمسية بالوضع الصحيح للمباني والعناصر الأخرى المكملة للتصميم بالموقع حيث أن لكل موقع ظروفه الخاصة .
- وهناك معايير إرشادية تحقق التكامل بين تخطيط الموقع وتصميم المباني والذي يؤدي بدوره إلى الوصول إلى مستوى معقول من الفعالية فى استخدام الطاقة الشمسية طبقاً لظروف كل موقع فى المجالات التى يوضحها شكل (٧-٧) والتي يتم تناولها بتفصيل أكبر فيما يلى:

وضع المباني

أعلى التل : درجات الحرارة أقل- رطوبة نسبية أعلى- سرعة رياح أكبر.
باطن الوادى : أشعة شمس منعكسة من جوانب الوادى- تعرض لتراكم الملوثات.
على المنحدر: حسب ظروف الموقع
فى حماية النباتات أو بعيداً عنها.

التشكيل

العمرانى

مسطح المباني بالنسبة للأرض:
زيادة مسطح الأرض مع بات مسطح الغلاف الخارجى للمبنى يرفع درجة حرارة الهواء والعكس الصحيح.
كتل المباني: تزداد كمية الظل كلما أصبح شكل المبنى أكثر تعقيداً
حركة الهواء : حول وداخل المجموعات السكنية، حيث تؤثر فى السلوك الحرارى للغلاف الخارجى للمبنى.
توجيه المباني: للحصول على أقصى قدر من الطاقة.

المناخ

نباتات- أسوار- تبيطات- حوائط- مظلات
مسطحات مياه ونافورات

شكل (٧-٧) معايير تخطيط الموقع

(ج) تحديد وضع المباني بالموقع

أعلى التل : تكون درجة الحرارة أقل والرطوبة النسبية أعلى وسرعة الرياح أكبر.

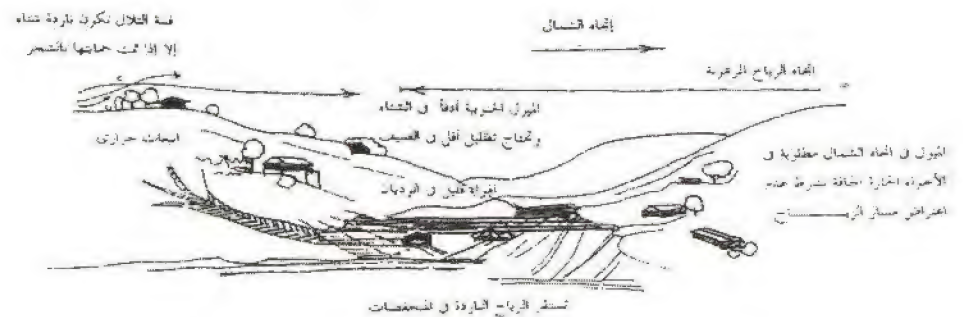
* في باطن الوادي: تضاف إلى أشعة الشمس المباشرة أشعة منعكسة من جوانب الوادي يمكن أخذها في الاعتبار إلا أن الموقع يتعرض لتراكم الملوثات.

* على المنحدر : وذلك حسب توجيه المنحدر فتسهل عملية تعريض المباني للشمس أو تتم حماية التجمع العمراني من الرياح الباردة عندما توضع المباني على المنحدر في الميل عكس اتجاه الرياح .

أما إذا كان الموقع يحتاج إلى تبريد أكثر فيفضل وضع المباني على الجزء الأسفل للمنحدر المواجه للرياح وتوضع الفتحات في مواجهة الرياح وتدرس بحيث تتم التهوية من اتجاه الشمال ويتم خروج الهواء الساخن من الجهة الخلفية.

* فى حماية النباتات : فى المواقع الباردة يكون من المرغوب حجز الرياح الباردة بواسطة أشجار كثيفة توضع فى اتجاه هبوبها .

وفى الحالة العكسية يكون من غير المرغوب فيه حجز الهواء اللطيف القادم من الشمال ، فتوضع حواجز الأشجار فى الجنوب والجنوب الغربى (اتجاه رياح الخماسين) وتستخدم الأشجار دائمة الخضرة فى حجز الرياح ، بينما تستخدم الأشجار التى تسقط أوراقها فى أغراض التظليل صيفاً عند الحاجة لشمس الشتاء.



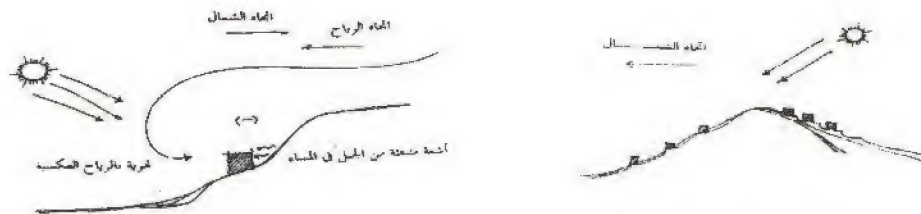
شكل (٧-٨) حركة الرياح والحرارة في المواقع الجبلية

(د) التشكيل العمراني بالموقع

١- مسطح المباني بالنسبة للأرض

تؤدي زيادة مسطح الأرض مع ثبات مسطح الغلاف الخارجي للمبنى إلى رفع نسبة المسطحات غير المظللة للمسطح الكلي مما يرفع من درجة حرارة الهواء والعكس صحيح . ونظراً لأن التصميم الشمسي يحتاج لمسطحات كبيرة معرضة للشمس فإن ذلك يعني أن ازدياد الكثافة البنائية قد تعوق وصول الشمس بالكمية اللازمة للمباني ، إلا أنه بتوجيه الشوارع شرق - غرب ودراسة علاقة كتل المباني ببعضها البعض يمكن تلافي هذا الأمر.

ويساعد وجود ميل في اتجاهين في الموقع على اتزان الكثافة البنائية فتزداد بالمنطقة ذات الميل المواجه للجنوب حيث تكون الشمس عمودية ومواجهة وتقل بالمنطقة ذات الميل المواجه للشمال لتسمح بوصول الشمس لها من الجهة الجنوبية شكل (٧-٩)، (٧-١٠).



شكل (٧ - ٩) يساعد وجود ميول في اتجاهين
بالموقع على إتران الكثافة البنائية

شكل (٧-١٠) يستفيد المبنى من الأشعة المنبعثة مساء
من الجبل أمر مرغوب شتاء يجب معالجته صيفاً

٢- قتل المباني:

تزداد كمية الظل كلما أصبح شكل المبنى أكثر تعقيدا وذلك مرغوب فيه بالتأكيد في حالة الحماية من الشمس شكل (٧-١١، ٧-١٢)، إلا أن تلك الحماية يجب أن تتوافق مع التصميم الشمسي حيث يجب تلافى تظليل المجمعات الشمسية للمباني المتلاصقة

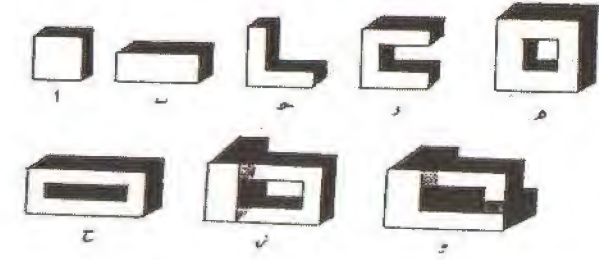
٣- حركة الهواء:

تؤثر حركة الهواء حول وداخل المجموعات السكنية في السلوك الحراري حول المبنى أو مجموعة المباني ، حيث تنشأ جيوب من الهواء الساخن أو البارد تساعد أو تعوق عملية تكييف المبنى سلبياً وتتأثر حركة الهواء بعدة عوامل أهمها وضع المباني في الموقع وعلاقتها ببعضها البعض كذلك بعناصر الموقع الأخرى وباستخدام برنامج الحاسب الآلى يمكن رسم خطوط كنتور لسرعات الرياح ودرجات الحرارة الناتجة حول المباني لتحقيق الأهداف المناخية المطلوبة.

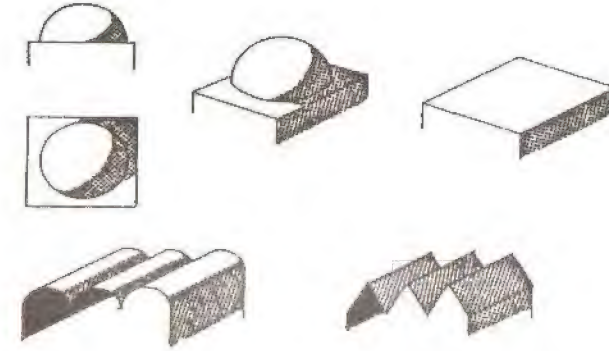
٤- توجيه المباني:

وذلك للحصول على أقصى قدر من الطاقة . وبالنسبة لمنطقتنا فإن أقصى إشعاع شمسي على مدار العام يقع على السطح ثم على الواجهات الشرقية والغربية . وتستقبل الواجهات الجنوبية إشعاعاً شمسياً محدوداً في الصيف إلا أن حصتها في الإشعاع الشمسي في الشتاء تكون كبيرة . أما الواجهات الشمالية فتحظى بأقل نصيب من الإشعاع الشمسي على مدار العام ، وبصورة أكثر تفصيلاً:

- إذا ما تلقت الواجهات الشمالية أو الشمالية الشرقية أو الغربية إشعاعاً مباشراً فلن يكون ذلك إلا في أواخر فصل الربيع وبداية شهر الصيف.
- تستقبل الواجهات الجنوبية الشرقية والجنوبية الغربية أقصى إشعاع شمسي مباشر في أواخر الخريف وأوائل الشتاء.
- تستقبل الواجهات المواجهة للشمال الغربي والشمال الشرقي أقصى أشعة مباشرة عند الغروب أو في الصباح الباكر.
- تستقبل الواجهات الشمالية الغربية والجنوبية الغربية أقصى إشعاع مباشر أثناء فترة بعد الظهر أو عند الغروب وتختلف كمية الإشعاع طبقاً لحالة السماء من صافية إلى مغطاه.

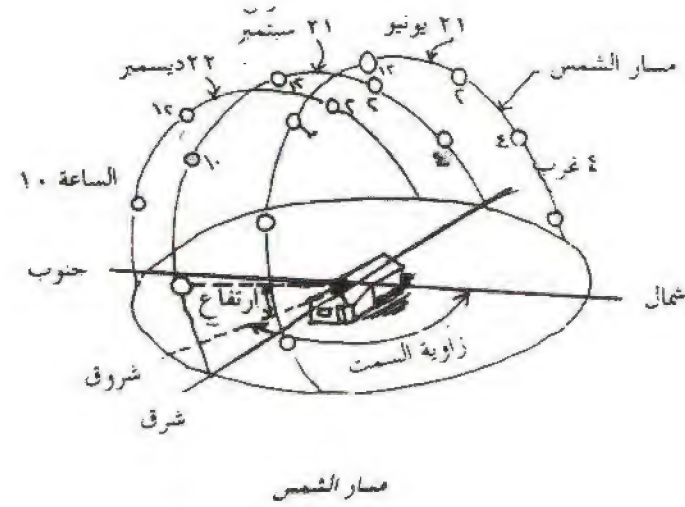


(شكل ٧-١١) تأثير شكل المبنى على كمية الظلال الساقطة
من الواضح أن أكبر كمية ظلال تكون في المبنى متعدد الأدوار ذي الحوش الداخلي

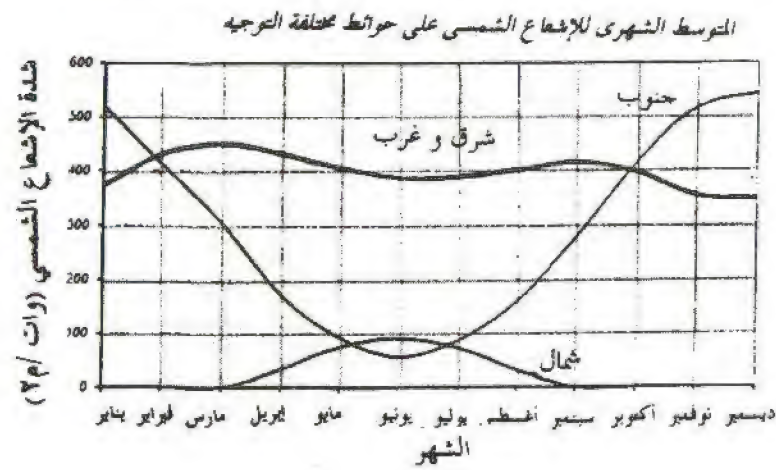


(شكل ٧-١٢) تأثير شكل السطح في كمية الظلال

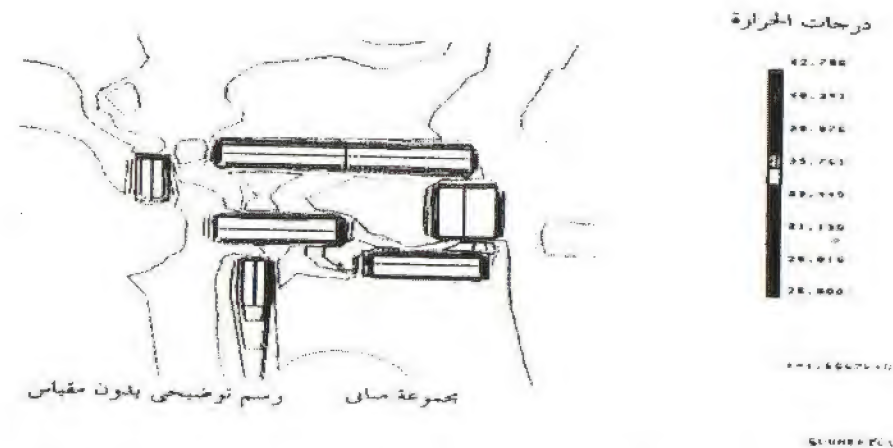
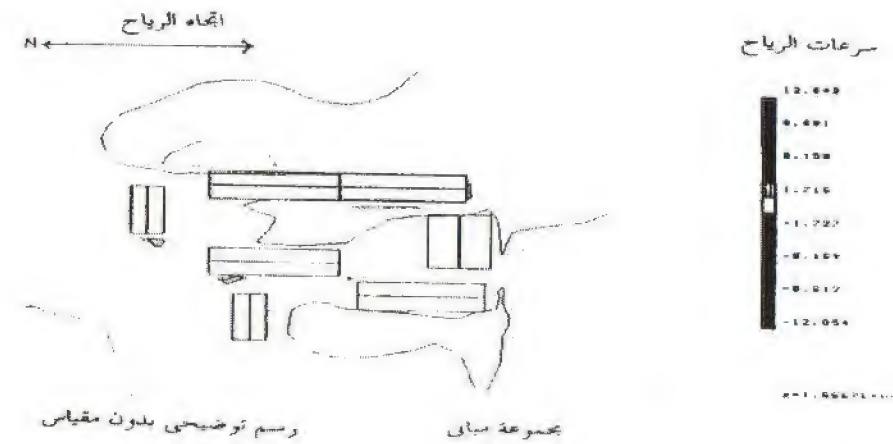
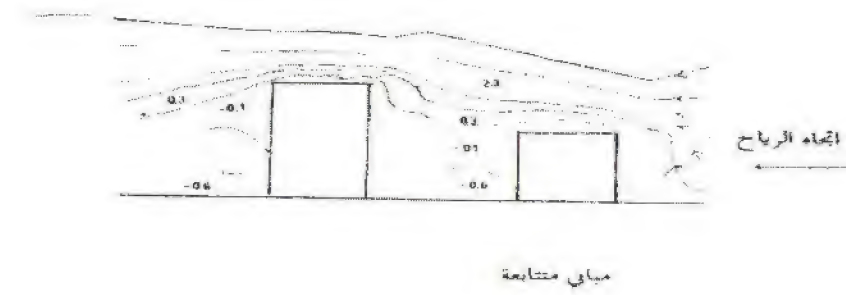
لبعضها البعض كذلك تلافي تظليل تلك المجمعات بعناصر ثابتة من عناصر المبنى مثل الدراوى والحوائط ... الخ وهذا لا يمنع عملية التبريد حيث أن تصميم تلك النوعية من المباني مبنى على أساس استغلال الطاقة الشمسية سلبياً بغرض التسخين والتبريد كما يتم شرحه في الجزء الخاص بتصميم المبنى.



	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
East	374	433	453	434	407	387	391	403	418	399	356	349
West	371	430	450	431	404	387	388	400	415	396	353	346
South	519	413	305	173	93	57	87	161	278	416	516	544
North	0	0	0	34	75	91	73	32	0	0	0	0



شكل (٧-١٤) الطاقة وتوجيه المباني

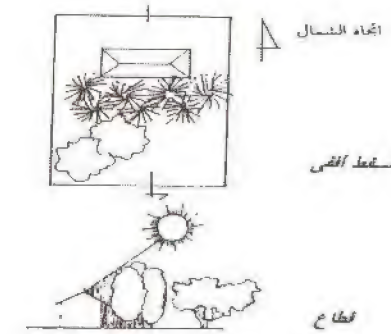


شكل (٧-١٣) تحديد اتجاهات وسرعات الرياح ودرجات الحرارة بواسطة برنامج كمبيوتر

٣-٧ تنسيق الموقع :

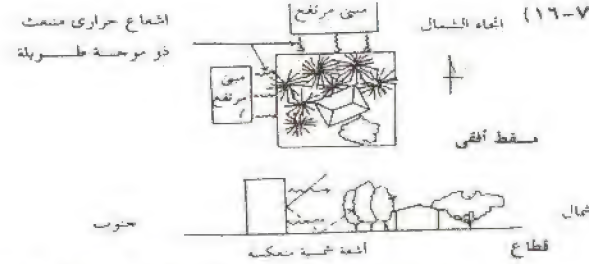
يحتاج تنسيق الموقع الواعي بالطاقة إلى عناية خاصة في معالجة العناصر المختلفة .
وفيما يلي بعض إمكانيات وضع المباني وعلاقتها بعناصر الموقع وذلك في المناطق الحارة إلى المعتدلة :

١- وضع المبني في الموقع بحيث يكون محوره الطولي شرق - غرب حيث يكون التظليل أسهل من الجنوب مع إمكانية السماح بنفاذ أشعة الشمس في الجو البارد شكل (٧-١٥) .



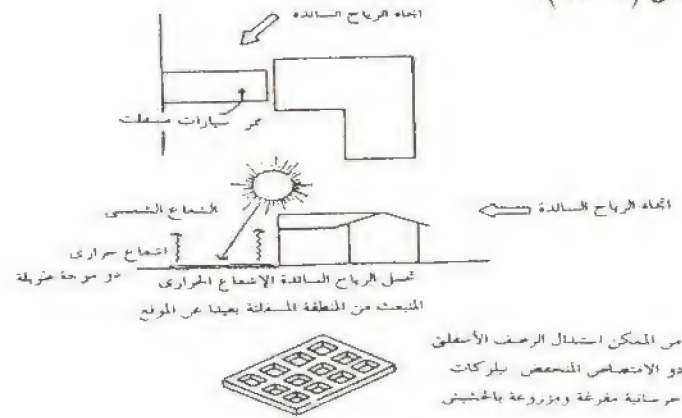
شكل (٧-١٥) التشجير للحماية من أشعة الشمس

٢ - وضع المبني في الموقع بطريقة تتجنب الإشعاع الشمسي الوارد من المباني المجاورة على الواجهات الشمالية والشرقية والغربية وذلك بوضعه على بعد مناسب من تلك المباني مع حجز أشعة الشمس بواسطة النباتات شكل (٧-١٦) .



شكل (٧-١٦) وضع المباني والنباتات بالموقع لتجنب الأسطح المشعة والأشعاع المنعكس من المباني المجاورة على الواجهات الشرقية والغربية والشمالية

٣- وضع المساحات المرصوفة والمبلطة الممتصة للحرارة عكس اتجاه الرياح السائدة وعزلها عن المبني والفراغات الخارجية وذلك لمنع حرارة الإشعاع من الدخول إلى المبني بواسطة الرياح أو انتقال الحرارة بالتوصيل إلى جدران المبني في حالة ملامسة الجدران له . شكل (٧-١٧) .



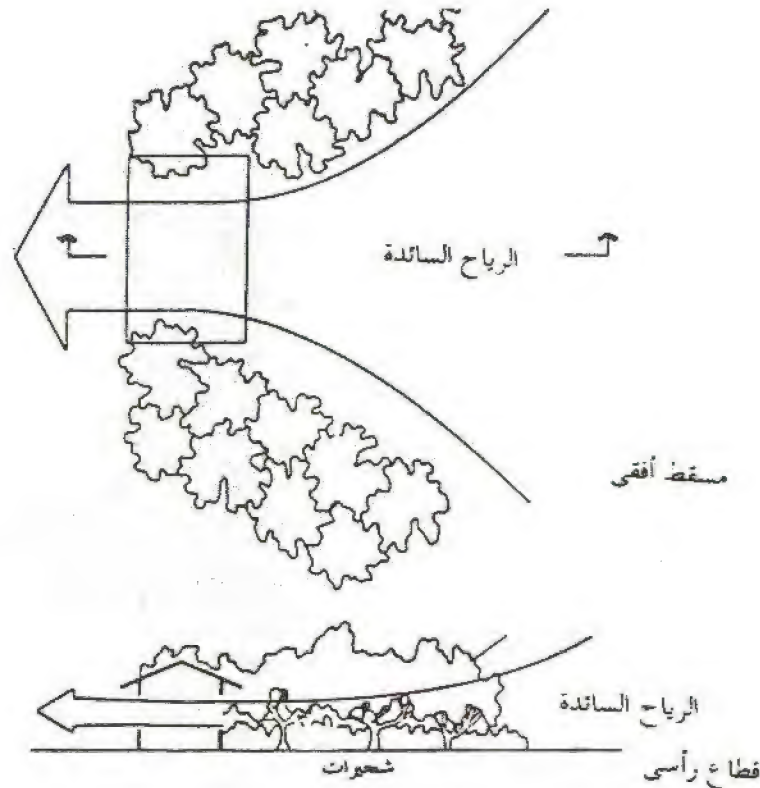
شكل (٧-١٧)

٤ - وضع النباتات حول المبني للحماية من الشمس.

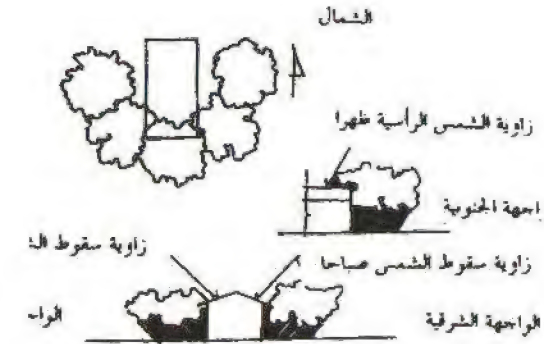
أمام الواجهات الشرقية والغربية تكون النباتات ذات ارتفاع منخفض لحجز أشعة الشمس ذات الزاوية الرأسية المنخفضة في الصباح وعصراً (شكل ٧-١٨) .

٦- وضع النباتات فى المسقط الأفقى للتحكم فى تهوية الموقع والمبنى:

- إذا كانت التهوية مطلوبة يمكن عمل نفق طبيعى بواسطة النباتات لتوجيه الرياح نحو المبنى والحصول على أقصى تهوية . والأشجار المفضلة لذلك هى ذات مظلة الأغصان المنخفضة بمساعدة بعض الشجيرات السميكة لمنع تسرب الرياح بين سيقان الأشجار . شكل (٧-٢٠).

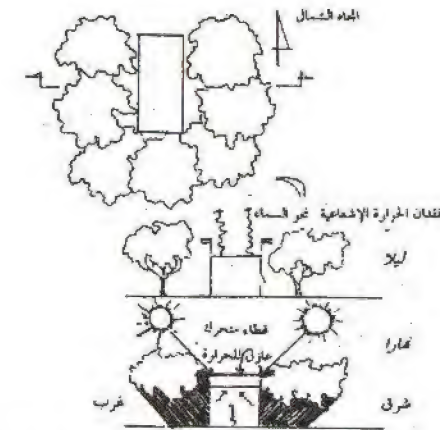


شكل (٧-٢٠) استخدام الاشجار فى توجيه الرياح لتهوية المبنى



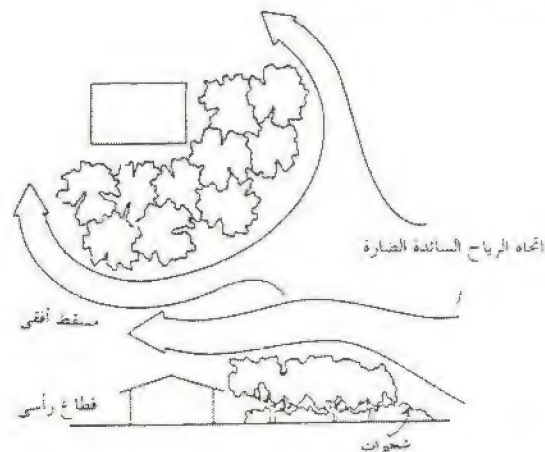
شكل (٧-١٨) فى الشرق والغرب الأشجار منخفضة لحجب الأشعة فى الجنوب الأشجار عالية ومورقة وملصقة للمبنى

٥- تزويد المبنى بالتظليل دون اعتراض مجرى الإشعاعات المتبادلة وذلك بواسطة الأغصان المتحركة التى تعزل الحرارة نهاراً وتسمح ليلاً بإتمام عملية التبريد عن طريق الإشعاع نحو السماء وذلك بالنسبة لجميع الأسطح الملساء المعرضة للشمس . شكل (٧-١٩)



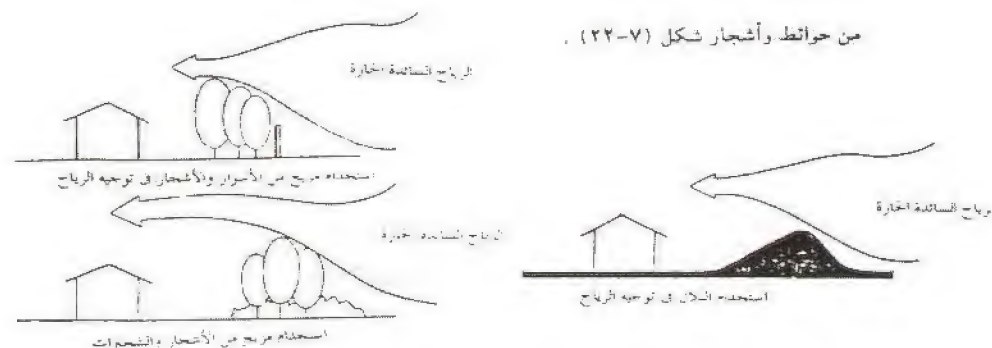
شكل (٧-١٩) تزويد المبنى بالظلال دون اعتراض مسار الإشعاعات المتبادلة

٧- إذا كانت الرياح غير مرغوبة في حالة الرياح الباردة مثلاً أو المحملة بالأتربة، يمكن عمل حاجز طبيعي من النباتات الكثيفة أمام المبنى في اتجاه الرياح السائدة وتستعمل نفس النباتات المذكورة في النقطة السابقة في الحاجز الذي يوجه الرياح حول المبنى وبعبداً عنه شكل (٧-٢١).



شكل (٧-٢١) استخدام الأشجار في حماية المبنى من الرياح غير المرغوبة

٨- استخدام عناصر الموقع الطبيعية الأخرى لتوجيه الرياح مثل التلال الأرضية أو المجموعات المكونة من حوائط وأشجار شكل (٧-٢٢).

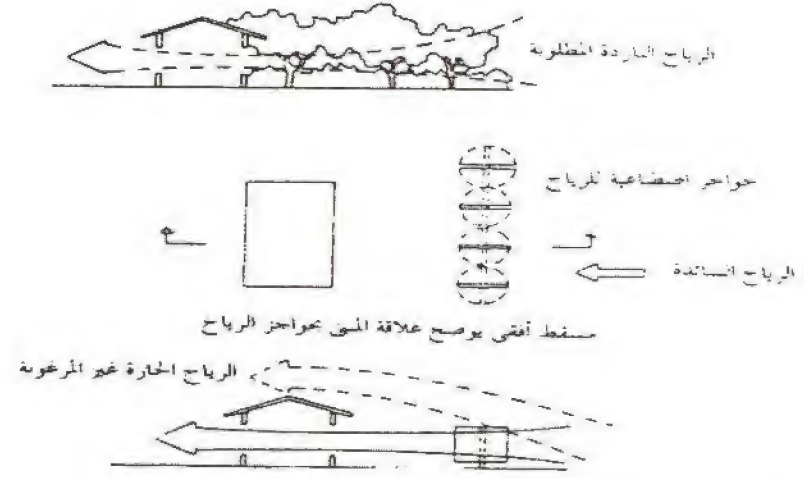


شكل (٧-٢٢) عناصر مختلفة تستخدم في توجيه الرياح بالموقع

نوع المناخ المناخ المناسب	رقم المعالجة كما ورد سابقاً	حار					دافئ					معتدل				
		جاف	شبه جاف	متوسط الرطوبة	شبه رطب	رطب	جاف	شبه جاف	متوسط الرطوبة	شبه رطب	رطب	جاف	شبه جاف	متوسط الرطوبة	شبه رطب	رطب
١		×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
٢		×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
٣		×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
٤		×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
٥		×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
٦		×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
٧		×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
٨		×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
٩		×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
١٠		×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
١١		×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
١٢		×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
١٣		×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×

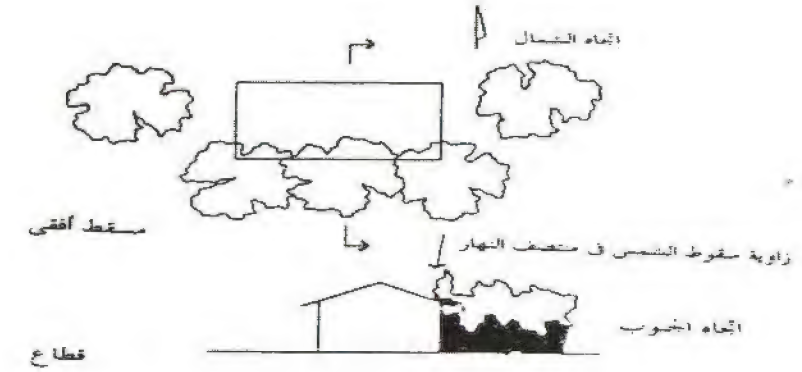
جدول (٧-٣) صلاحية المعالجات من ١ إلى ١٣ للمناطق المناخية المختلفة

٩- استخدام الوسائل الاصطناعية لتوجيه الرياح، وتكون إما ثابتة أو متحركة.
شكل (٧-٢٣).



شكل (٧-٢٣) عناصر اصطناعية لتوجيه الرياح خلال المبنى أو بعدا عنه

١٠- وضع النباتات فى المسقط الأفقى بغرض الحماية من الشمس وتحقيق النواحي الجمالية المطلوبة فى حالة عدم أهمية التهوية للموقع شكل (٧-٢٤).



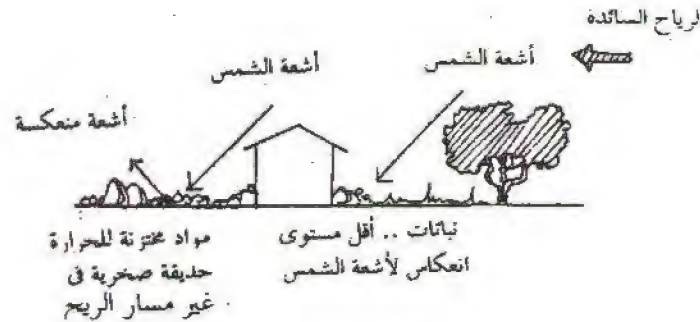
شكل (٧-٢٤) تظليل الواجهة الجنوبية

١١- استخدام المواد المقاومة لاكتساب الحرارة فى تصميم الموقع بغرض تقليل الحرارة المكتسبة فى الموقع بشكل عام. ويكون استخدامها اختيارياً فى شمال المبنى. ويجب عدم وضع المواد المختزنة للحرارة فى اتجاه الرياح السائدة القادمة نحو المبنى حتى لا تحمل الحرارة الناتجة من الإشعاع الصادر من تلك المواد إلى المبنى شكل (٧-٢٥).

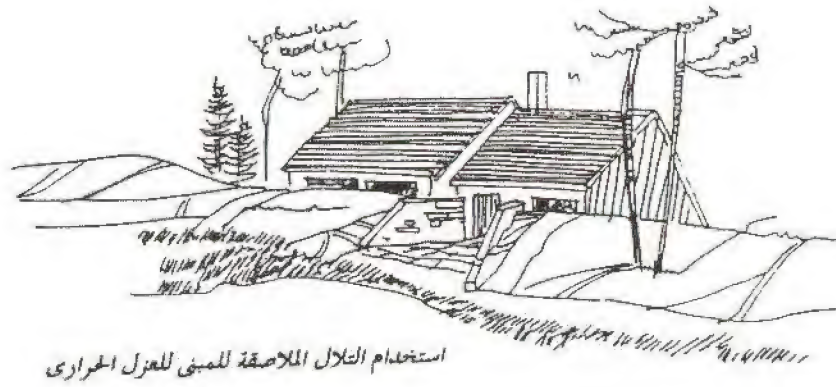


شكل (٧-٢٥) أقل مستوى لسقوط وانعكاس لأشعة الشمس

١٢- استخدام مواد غير عاكسة على سطح الأرض فى جميع الإتجاهات ما عدا شمال المبنى الذى يكون ذلك فيه اختيارياً، حيث تصل الحرارة المكتسبة من الانعكاس أحياناً وتبعاً لخط العرض إلى حوالى ٥٠٪ من الحرارة الكلية المكتسبة فى حائط جنوبى شكل (٧-٢٦، ٧-٢٧).



شكل (٧-٢٦) استخدام تركيبة من المواد المختزنة للحرارة والنباتات فى تنسيق الموقع



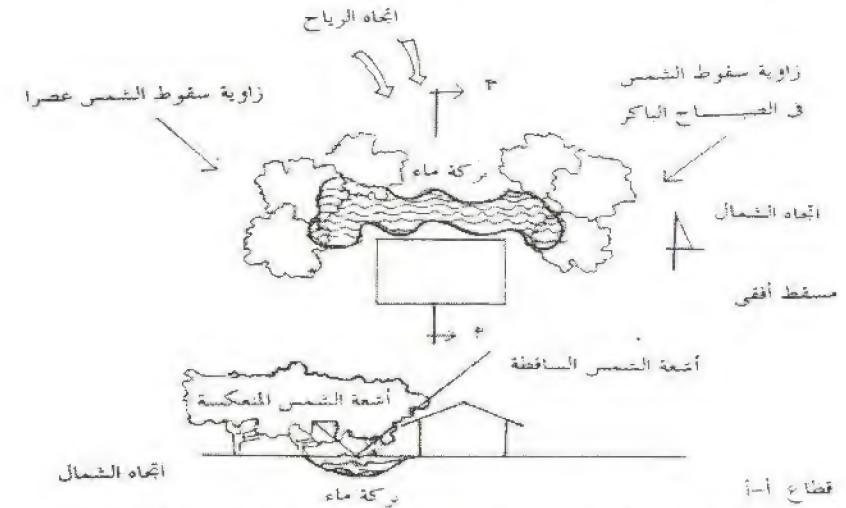
شكل (٢٩-٧) استخدام التلال بالموقع

يجب تلافي الظل الذاتى بمجموعة متتابعة من المجمعات الشمسية أثناء الفترة الفعالة لتجميع الطاقة الشمسية (٩ ص - ٣ م)، إلا أنه يسمح ببعض الظل الذاتى أحياناً فى نهاية ساعات التجميع فى سبيل الحصول على مسطح أكثر، سواء بتكبير مسطح كل مجمع أو بعمل عدد أكبر من المجمعات.



شكل (٢٧-٧) أقل مستوى انعكاس للإشعاع من الغطاء الأرضى

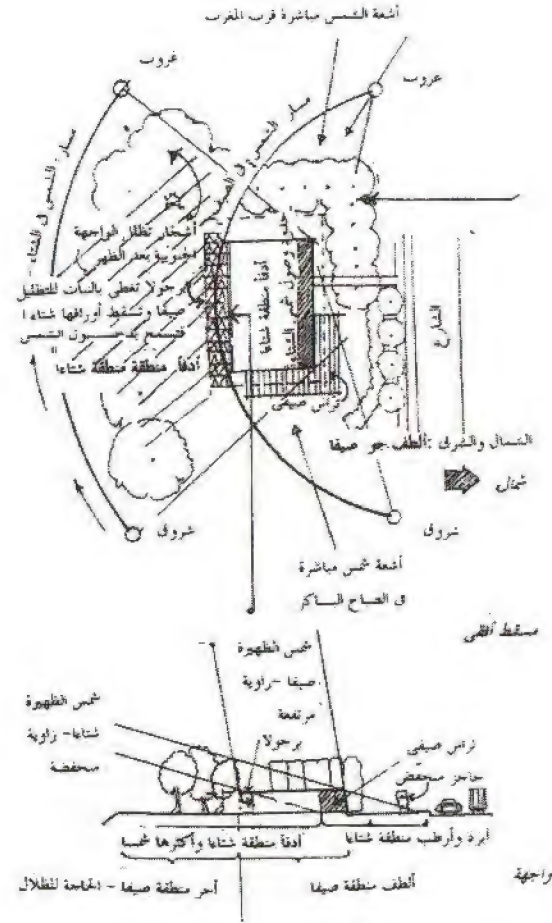
١٣- وضع المسطحات المائية بطريقة تقلل الحرارة الإشعاعية والوهج وذلك فى شمال المبنى مع عمل سواتر من صفوف الأشجار للحماية من أشعة الشمس توضع بالنسبة للمسطح المائى فقط بغض النظر عن المبنى شكل (٢٨-٧).



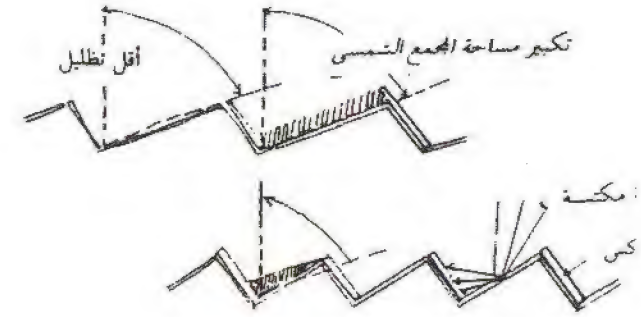
شكل (٢٨-٧) وضع النباتات والعناصر المائية بالنسبة للمبنى

وبالتأكيد فإن توجيه المبانى وعلاقتها بعناصر الموقع تختلف من إقليم إلى آخر كذلك تختلف عند التصميم لمجرد الحماية من أشعة الشمس عنها عند استخدام أشعة الشمس فى التدفئة والتبريد أو تحويلها عن طريق الخلايا الشمسية لطاقة كهربائية يمكن الاستعاضة بها عن جزء من الطاقة الكهربائية التقليدية والجدول التالى يوضح صلاحية كل من المعالجات السابقة للمناطق المناخية المختلفة.

ومن الواضح أن المعالجات السابقة تختص بالحماية من الأشعة المنعكسة وتوجيه الرياح للوصول إلى الراحة للإنسان، إلا أن بعضها قد لا يكون صالحاً عند تخطيط منطقة تقوم على الاستخدام السلبي للطاقة الشمسية في المباني والتي تستلزم تجميع الأشعة لاستخدامها داخل المبنى وشكل (٧-٢٩، ٣٠-٣١) يوضح وضع المبنى وعناصر تنسيق الموقع لتحقيق أقصى استفلال لأشعة الشمس.



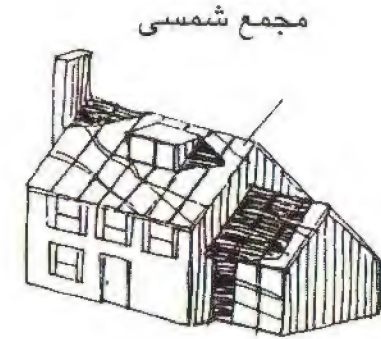
شكل (٧ - ٣١) تنسيق الموقع حول مبنى يستخدم الطاقة الشمسية



بوضع سطح عاكس على ظهر المجمعات يمكن تحقيق استفادة أكبر التظليل الذاتي للمجمعات الشمسية

يجب تلافي سقوط ظل أي عنصر من عناصر المبنى مثل المداخل والدرابز والبروزات على المجمعات الشمسية، وذلك منذ بداية مرحلة التصميم

الظل الساقط من عناصر المبنى



شكل (٧ - ٣٠) وضع المجمعات الشمسية

٧ - ٤ خطوات التخطيط الواعى بالطاقة

يجب ألا يتعارض التخطيط الواعى بالطاقة الشمسية مع المتطلبات المادية والمعنوية للتخطيط العادى بحيث يجب التوفيق بينهما وذلك بالاستفادة من الطاقة الشمسية فى إطار احترام متطلبات واشتراطات الموقع.

ويبدأ الأمر بدراسة تفصيلية للموقع وعناصره المختلفة تكون نتيجتها مجموعة خرائط توضح الأماكن الصالحة لوضع المبنى كنتيجة لتفاعل القوى المختلفة المؤثرة فى الموقع، كذلك المناطق المناسبة لاستخدامات الأراضى المختلفة من اسكان وخلافه وفيما يلي طريقة نمطية لتخطيط موقع بأسلوب واعى بالطاقة:

١ - تبدأ عملية التخطيط بإعداد خريطة أساسية Base Map شكل (٧-٣٢) للموقع وتؤخذ سواء من صورة جوية أو خريطة طبوغرافية أو حتى كروكى تقريبي للموقع.

٢ - يتم تحليل العناصر المختلفة للموقع وتوقيعها على خرائط شكل (٧-٣٣) وتتمثل فى الآتى:

أ - الطبوغرافيا وذلك وذلك بتحديد

- الميول والأماكن المسطحة

- المرتفعات والكتنور

- كل العناصر الطبيعية مثل مجارى المياه أو المواقع التاريخية

ب - العناصر التى تحجز أشعة الشمس وتعوقها وذلك بتحديد:

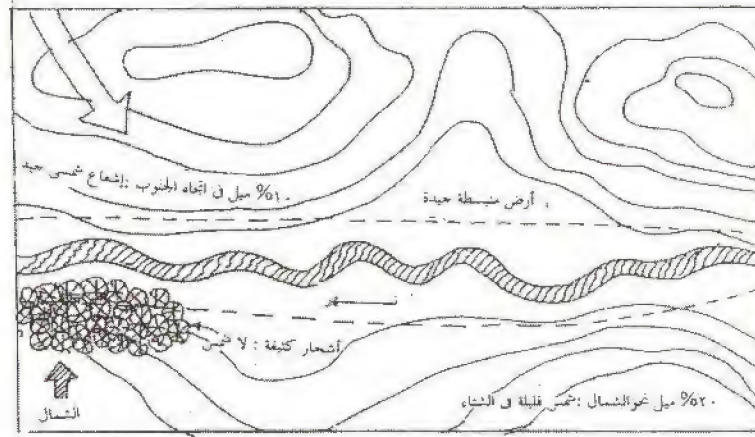
- الأشجار من حيث فصائلها وإرتفاعها وما إذا كانت دائمة الخضرة.

- كل العناصر العالية بالموقع أو بالملكيات المجاورة له والتى يمكن أن تسقط الظل مع تحديد مسارات الظلال على الموقع.

- المناطق ذات الميول فى اتجاه الشمال أو أى مناطق أخرى ضعيفة فى استقبال الإشعاع الشمسى.

ويمكن الإستعانة بالنافذة الشمسية Solar Window فى تحديد الظلال الساقطة من عناصر الموقع على المجمعات الشمسية وتتلخص فى تخيل السماء كقبة شفافة مركزها المجمع الشمسى أو المنطقة المطلوب دراستها ويمكن إسقاط مسار الشمس على القبة كذلك الحدود الخارجية للمباني والأشجار المحيطة. وتشكل حدود أشعة الشمس المؤثرة من الصباح وحتى العصر (تقريباً من التاسعة صباحاً وحتى الثالثة بعد الظهر) مع مسار الشمس من أثناء تلك الساعات على مدار العام ما يسمى بالنافذة الشمسية على القبة الشفافة المفترضة ويمر من تكل النافذة معظم الأشعة المؤثرة الى يتم تجميعها. وفى حالة وقوع أى عنصر من العناصر المجاور للمبنى فى إطار تلك

الخريطة الأساسية Base map - عليها يتم تحليل إمكانيات وصول الإشعاع الشمسى



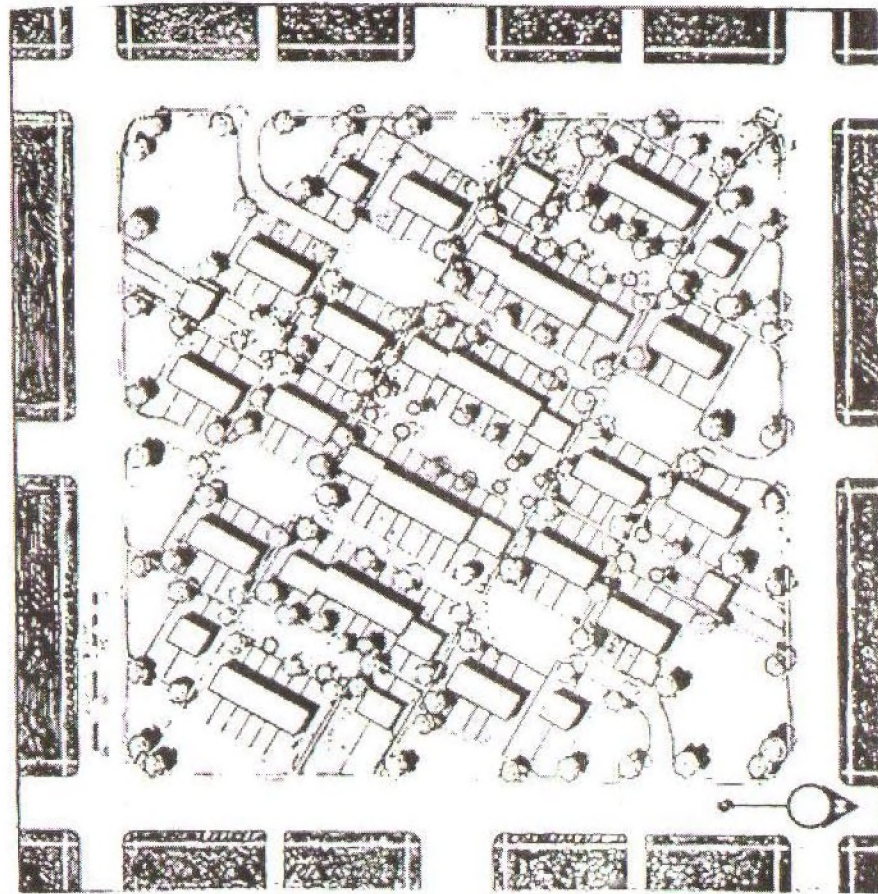
شكل (٧-٣٢) خطوات التخطيط الواعى بالطاقة

النافذة تكون هناك ظلال ساقطة على النافذة تكون هناك ظلال ساقطة على النقطة المطلوبة ودراستها، وتختلف النافذة الشمسية باختلاف خط العرض. شكل (٧-٣٤).

ج - جميع العناصر الأخرى التى لها تأثير على المناخ المصغر وتشمل:

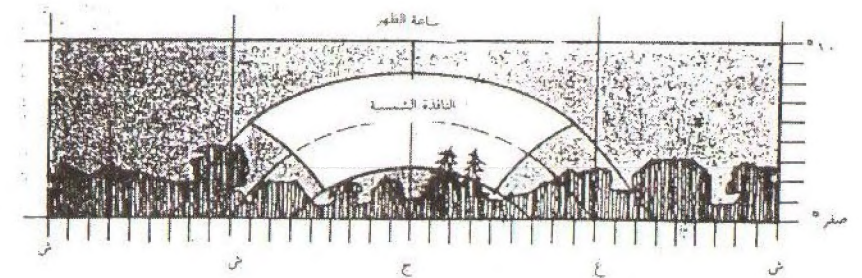
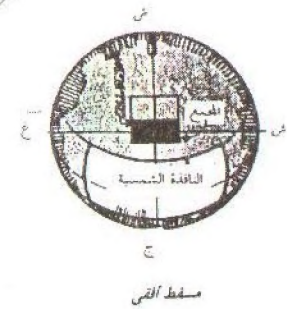
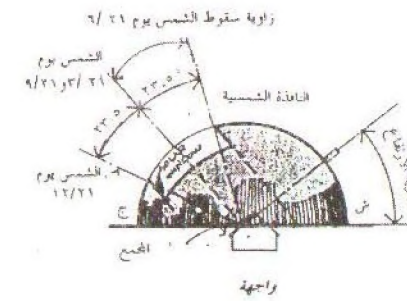
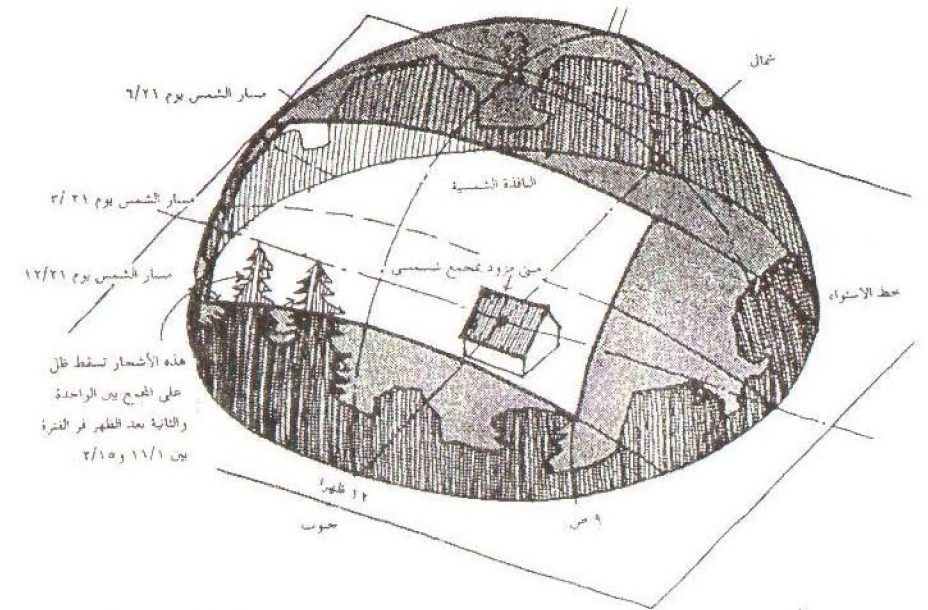
- كل العناصر التى تساعد على حفظ الطاقة بالموقع.

- تأثير الرياح.



شكل (٧ - ٢٥)

مجموعة سكنية مخططة طبقاً لنظام التخطيط والتصميم الشمسي



إسقاط مع الأفراد

شكل (٧ - ٣٤) النافذة الشمسية

المراجع

١ - أرثربوين - د. عبد المحسن فرحات : الطاقة في تصاميم البيئة في المناطق الجافة- مرجع دراسة لمدرسة تصاميم البيئة- مركز التعريب- كلية الهندسة- جامعة الملك عبد العزيز- ١٩٨٤م.

٢ - خالد محمد فجال:

Treatment of the natural centilation for residential Prototypes in Egyptian' new cites, using the numerical evaluation.

رسالة دكتوراه - القاهرة- ١٩٩٣

٣ - شفيق الوكيل ومحمد سراج: المناخ وعمارة المناطق الحارة عالم الكتب- الطبعة الثالثة- القاهرة ١٩٨٩.

٤- Research and Development Report from vatenfall Energy ahed, 1990.

٥ - Institut fer lands chaftp tanug Umi. Stutlgant, Bullting 38, 1982

٦ - Brenda & Robent Value, Ohologische Anchitek tur, Frankfurt 1991

٧ - طارق سعد الحناوى

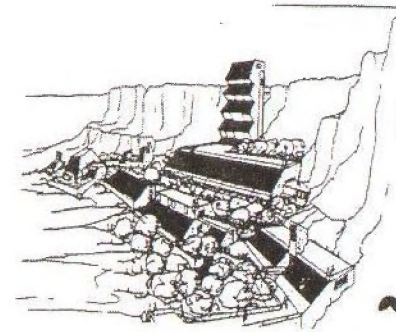
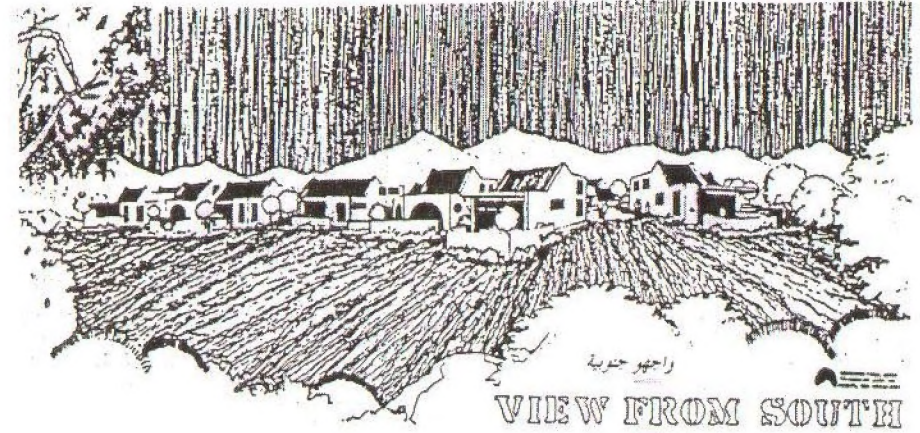
Climate as a factor on Design & Planning of Building Clustrs,

رسالة دكتوراه- القاهرة- ١٩٩٦

٨ - Architectural design no. 111, New Towns, London 1994

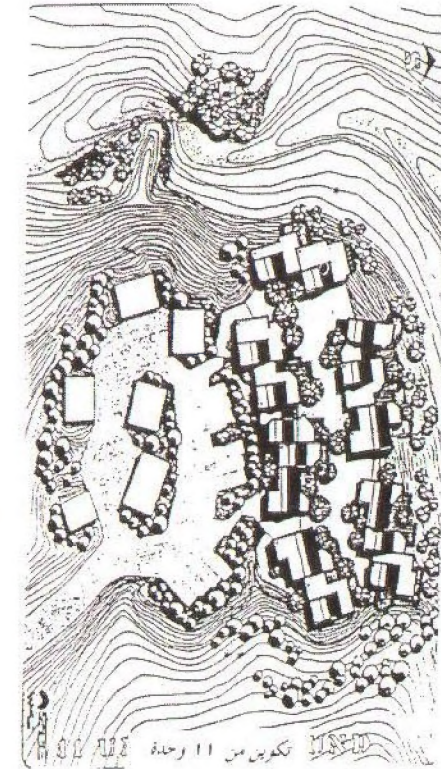
٩ - Joseph de chiar; Time- Saver Standards for Site Planing- McGraw Hill New yourk, 1978.

١٠ - L' Orditecture d'anyord ihiv, Anchitecture du soleil- May- June 1973



قوية في منطقة جبلية

أمثلة



نوع التطبيق	صيفاً			شتاءً			دو ترطيب مقاسه بميزان جاف
	درجة الحرارة س	الرطوبة النسبية	التذبذب في درجة الحرارة س	درجة الحرارة الحافة س	الرطوبة النسبية	التذبذب في درجة الحرارة س	
المباني السكنية المدارس ، المكاتب الفنادق	٢٥ - ٢٤	٥٠ - ٤٥	٢٥ - ٢٤	٢٢ - ٢١	٤٥ - ٢٥	٢ -	٢٥ - ٢٤
المستشفيات الأسواق المركزية المخازن ، المصارف صالونات الحلاقة صالونات التجميل	٢٦ - ٢٥	٥٥ - ٥٠	١ - ٥	٢٤ - ٢٢	٤٥ - ٣٥	٢ -	٢٤
قاعات الاجتماعات المساحد ، المطاعم الصالات	٢٦ - ٢٥	٥٥ - ٥٠	١ - ٥	٢٤ - ٢٢	٥٠ - ٤٠	٢ -	٢٤ - ٢٣
الشقق الفاخرة مناطق الشخصيات المهمة	٢٤ - ٢٣	٥٠ - ٤٥	٢ - ١	٢٥ - ٢٤	٤٥ - ٣٥	٢ -	٢٤

جدول رقم (٤-١) درجات الحرارة داخل الأماكن المكيفة

الصفحة	الخطأ	الصواب
٤٠ ٨٢ من ١.٨ إلى ١.١٢	Loca جم / كجم ١٢.٤	Leca جم/كجم ١٢.٤
	الطاقة الشمسية على الاسطح الأفقية	الطاقة الشمسية على الاسطح الأفقية
	كبيبي ميغا ٢م/جول	كلبي ميغا ٢م/جول
١١٢/١١١	عند خط عرض ٢٨-٥ شمالاً	عند خط عرض ٢٨-٥ شمالاً وكذا الجداول التي تليها
٢٠٠	$Q_v = a C_{pa} V \Delta T = 1200 V \Delta T$	$Q_v = \rho_a C_{pa} V \Delta T = 1200 V \Delta T$
٢٠١	a كثافة الهواء ١.٢ كجم/م ^٣	ρ_a كثافة الهواء ١.٢ كجم/م ^٣
٢٠١	$2.3 n V \Delta T$	$2.3 n V \Delta T$
٢٠١	ساعة - ١	ساعة - ١
٢١٠	Engerg	Energy
٢٢٤	الحرارة النوعية C_p	الحرارة النوعية C_p
٢٢٦	للاسطح الخارجية والداخلية	للاسطح الداخلية والخارجية
٢٢٨	$m \sum (\frac{L}{K})_{j=1}^j$	$m \sum (\frac{L}{K})_{j=1}^j$
٢٢٨	(pCpL) j	(pCpL) j
٢٢٧	Research	Research
٢٢٧	Fer	Für